Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ

18–23 ноября 2019 года

МАТЕРИАЛЫ

научной конференции
с международным участием

ЛУЧШИЕ ДОКЛАДЫ

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2019

ББК 2:3:65:60
Н42

Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, 18–23 ноября 2019 г. **Лучшие доклады.** – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 501 с.

В сборник включены статьи студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников СПбПУ, университетов, научных организаций и предприятий Санкт-Петербурга, России, зарубежных стран, отобранные по результатам проведения секционных заседаний конференции «Неделя науки СПбПУ». Статьи отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области естественных, технических, экономических и гуманитарных наук.

Представляют интерес для специалистов в различных областях знаний, учащихся и работников системы высшего образования и Российской академии наук.

Ответственный редактор *В. Э. Гасумянц*

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-6819-2

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

УДК 624.132

Пань Байань, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ FLOW-3D ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАМЫВА

Технология намыва территорий состоит в использовании землечерпательных снарядов для извлечения пульпы (смеси песка и морской воды) со дна моря, транспортировки её на прибрежные участки суши с помощью плавучего и берегового трубопроводов [1, 2]. После достижения определенной высоты, намытый материал должен осесть и уплотниться. После осушения и уплотнения формируется участок территории пригодный для использования.

Задачей работы является моделирование традиционной и обоснование новой технологии намыва территорий с использованием программы FLOW-3D. FLOW-3D – это высокопроизводительный инструмент для моделирования, который может быть применен к различным инженерным областям на основе различных физических моделей, определенных пользователем. FLOW-3D может описывать очень сложные движения потока, а методы построения блоков из нескольких сеток могут значительно повысить вычислительную эффективность [3]. FLOW-3D обеспечивает высокоточное моделирование течений со свободной поверхностью, используя метод конечных объёмов. У программы кроме очевидных достоинств имеются и недостатки: сложный интерфейс; длительная подготовка данных к проведению расчета; отсутствие отечественной базы данных.

В настоящее время при крупномасштабном строительстве используются землесосы с разрыхлителями грунта, которые могут применяться при дноуглубительных работах в прибрежных районах; при организации речного судоходства; разработке каналов, портовых фарватеров и т.п. [4–7]. Они имеют следующие преимущества по сравнению с другими видами снарядов: непрерывное строительство, высокая производительность; эксплуатация на мелководье; получение относительно ровной поверхности; может адаптироваться к различным видам грунтов: илистая глина, песок, ил, мелкий камень и др.

При разработке грунта землесосными снарядами и гидромониторно-насосно-землесосными установками транспортирование грунтовой смеси осуществляется под напором по трубам. До начала намыва следует подготовить основание сооружения, возвести дамбы первичного обвалования по контуру карт намыва, устроить водосбросные сооружения и уложить трубопроводы. Намыв осуществляется при сосредоточенном выпуске пульпы из торца пульпопровода. При строительстве гидротехнических сооружений данный метод работ применяется достаточно широко [4–7], несмотря на это продолжаются исследования, направленные на его совершенствование.

В работе рассматривалась двумерная модель распределения наносов с моделированием следующих вариантов расположения водовыпусков: одно входное отверстие; два входных отверстия и четыре входных отверстия на карте намыва. Для учета факторов, которые влияют на процессы осаждения частиц, использовалась многоблочная сетка типа “linked”.

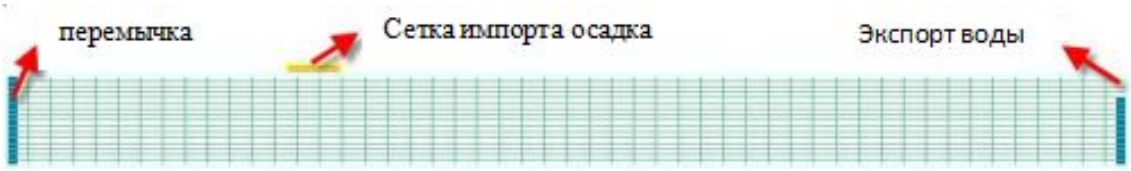


Рис. 1. Вид модели

При моделировании двух и четырех водовыпусков, они задавались аналогично одиночному водовыпуску входных отверстий. На рис. 1 представлен вид модели.

Моделирование проводилось для определения формы и поверхности подводных отложений. Модель размыва и отложения в Flow-3D состоит из двух частей: секция «взвешенные наносы» и секция «донные наносы». Соответствующие параметры при моделировании были заданы следующими:

1. Average particle diameter (средний диаметр частиц): 0,03 см.
2. Density of the sediment particles (плотность частиц осадка): 2,65 г/см^3.
3. Critical shields number (критическое число Шилдса): 0,06.
4. Scour erosion adjustment (регулировочный параметр размыва): 1,0.
5. Critical sediment fraction (критический размер частиц): 0,02 см.
6. Cohesive sediment fraction (размер связных частиц): 0,015 см.
7. Sediment drag factor (коэффициент сопротивления осадка): 1.0.
8. Angle of repose (угол естественного откоса): 20°.

Граничные условия задаются массовым процентом при установке параметра концентрации осадка.

На рис. 2–4 представлены результаты моделирования трех вариантов расположения водовыпусков.

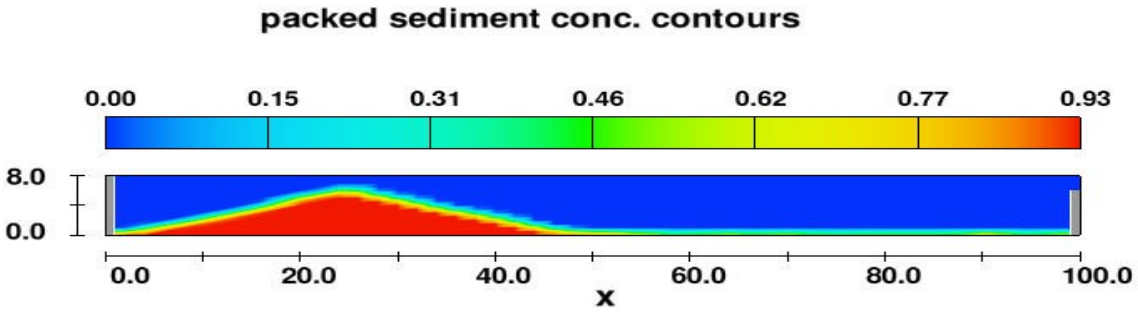


Рис. 2. Один выпуск пульпопровода

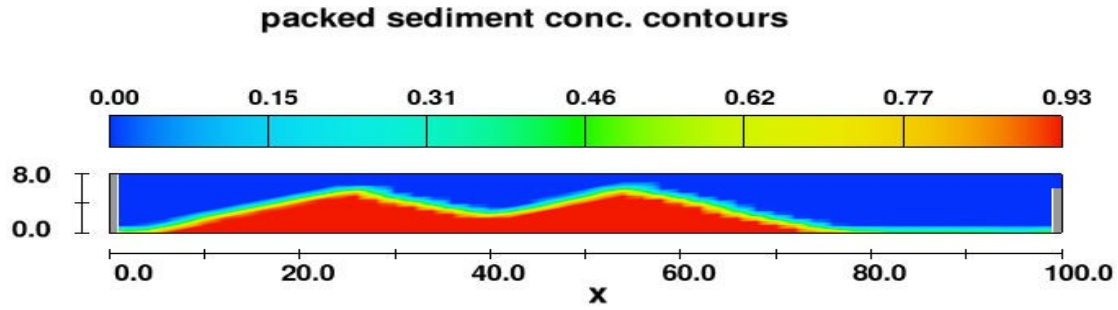


Рис. 3. Два выпуска пульпопровода

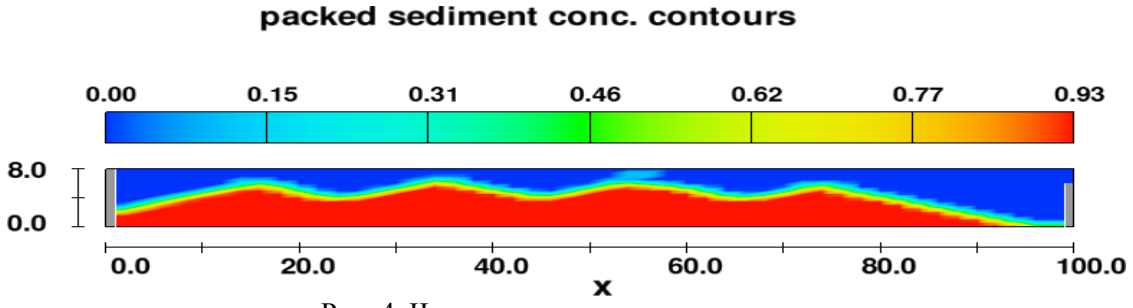


Рис. 4. Четыре выпуска пульпопровода

Отложения наносов, образованные одним входом пульпопровода, в двумерном изображении приближаются к равнобедренному треугольнику, а нижний угол намытого грунта составляет 20° (см. рис. 2). В трехмерном изображении образуется конус, центр которого расположен на центральной оси равнобедренного треугольника. Скорость намыва в этом случае относительно мала.

При двух выпусках пульпопроводов, отложение наносов на каждом выпуске происходит почти одинаково. Отвал постепенно увеличивается, принимая форму конуса. Два участка намыва развиваются одинаково с подъемом поверхности между выпусками (см. рис. 3). Поверхность отложения между двумя выпусками имеет широкую V-образную форму (угол 140°).

В случае четырёх водовыпусков, поверхность отложений между каждыми двумя выпусками имеет одинаковую широкую V-образную форму. По сравнению со случаем двух водовыпусков, из-за разницы в расстоянии между ними, глубина поверхности отложений между выпусками не одинакова. На рис. 3 расстояние между двумя входами отложений составляет 30 м, а глубина поверхности отложений составляет около 4 м. На рис. 4 расстояние между двумя входами отложений составляет 20 м, а глубина отложений составляет около 3 м.

По результатам проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение числа водовыпусков приводит к более равномерному распределению осадков по площади карты намыва.
2. При традиционной технологии искусственного намыва необходимо перемещать положение выпуска пульпопровода, чтобы создаваемая поверхность намыва была как можно более плоской. Но частота перемещения водовыпусков ограничена необходимостью каждый раз, когда изменяется положение выпуска, останавливать земснаряд. Кроме того, для расстановки плавающих трубопроводов также требуется определенное время. После намыва, выполняемого по традиционной схеме, при любом расположении водовыпусков образуются много конусов отложений, что является недостатком такого подхода.

В связи с вышеизложенным предлагается новая технология использования высокоскоростного потока воды, который переносит частицы наносов, создаёт поле циркуляции и способствует осаждению частиц в зоне намыва при условии постоянного расположения выпусков трубопроводов. Цель создания циркуляции состоит в том, чтобы равномерно распределить осадки по карте намыва и получить при этом относительно ровную поверхность. Для достижения этой цели требуется, чтобы поле потока было по возможности более равномерным. В противном случае часть карты намыва будет размываться, а часть заиливаться, не позволяя использовать предлагаемую технологию образования территории.

Таким образом, весь процесс можно разделить на три части. Первая часть состоит в исследовании поля скоростей высокоскоростного потока после его попадания в водный объект. Вторая часть – изучение форм и видов отложения наносов с моделированием двумерной модели. В третьей части использовалось полученное в первой части наиболее равномерно распределённое поле потока, которое приводит к образованию поля циркуляции. В завершение добавляются частицы наносов, и получается итоговая модель намыва при осаждении частиц.

Как и при традиционной схеме намыва территория сначала делится на несколько карт намыва с использованием водонепроницаемых перемычек. Используем модель квадратной карты намыва следующих размеров: длина 100 м, ширина 100 м, высота 8 м, толщина днища 1 м, глубина воды 5 м (рис. 5).

Были рассмотрены шесть вариантов расположения водовыпускных отверстий (табл. 1). Чтобы создать относительно правильное симметричное удобообтекаемое поле потока, два отверстия расположены симметрично в поперечном направлении, а размер сетки и граничные условия являются центрально-симметричными. Задавались три варианта по глубине, выпуски находятся на глубине воды:

1) 0–1 м (поверхность);

2) 2–3 м (средний слой);
3) 4–5 м (нижний слой).



Рис. 5. Разрез модели

Таблица 1. Список вариантов моделирования течения воды в карте

Место расположения	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
Край продольной стороны	☑	☑	☑			
Середина продольной стороны				☑	☑	☑
Поверхностный слой	☑			☑		
Средний слой		☑			☑	
Нижний слой			☑			☑

Также рассматривались два варианта по длине, выпуски находятся:
1) на концах продольной стороны;
2) на расстоянии 1/4 длины от концов продольной стороны.

Сравнивались поля потока в трех слоях: поверхностном слое, среднем слое и нижнем слое. Из предложенных вариантов необходимо было выбрать те, в которых скорость потока в нижнем слое распределена наиболее равномерно. Как показали расчеты, только расположение высокоскоростной подачи воды в поверхностном слое может создавать относительно равномерное нижележащее поле циркуляции. Поэтому варианты со средними и низко расположенными выпусками (варианты 2, 3, 5 и 6) не подходят.

а) *б*)

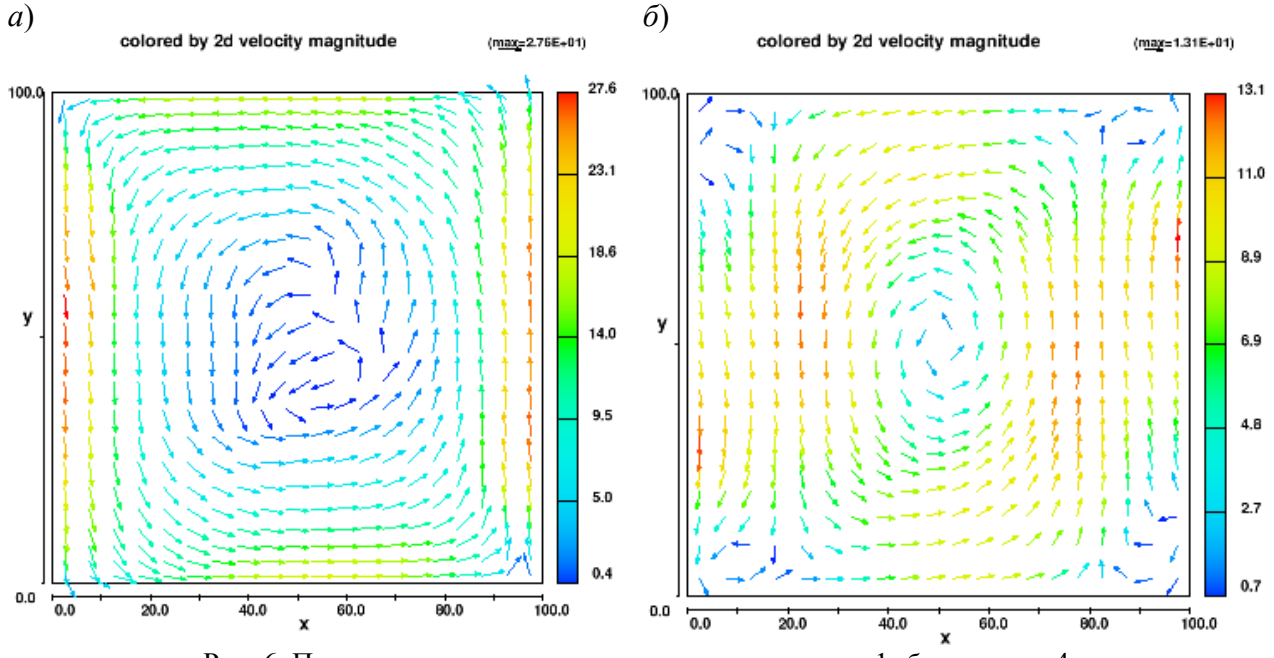


Рис. 6. Поле потока воды в нижнем слое: *а* – вариант 1; *б* – вариант 4

На рис. 6 показано распределение скоростей потока в нижнем слое карты намыва для вариантов 1 и 4, стрелка скорости потока указывает только направление, а скорость потока представлена цветом.

Видно, что в варианте 1 образуется поле циркуляции, периферийная скорость потока большая, а внутренняя скорость – маленькая. Участки относительно больших и относительно малых скорости небольшие, а в промежуточной области скорости распределяются равномерно. Максимальная скорость потока в нижнем слое составляет 27,6 см/с, а минимальная – 0,4 см/с.

В варианте 4 тоже образуется поле циркуляции по всей рабочей области, но в четырёх углах имеются небольшие вихревые циркуляции, участки с высокими скоростями не находятся у краев зоны циркуляции, а распределены между центром и краями карты намыва. Максимальная скорость потока в нижнем слое составляет 13,1 см/с, а минимальная – 0,7 см/с.

Выводы:

1. В статье предлагается модернизированный метод намыва с формированием участков искусственно образованных земель. Для обоснования предлагаемых решений выполнено моделирование с помощью программного комплекса FLOW-3D.
2. По результатам проведенного моделирования видно, что циркуляция в зоне карты намыва может эффективно осуществлять перенос наносов и достигать цели равномерного отложения частиц во всей площади намыва.
3. Наиболее эффективным является вариант 4 расположения поверхностных водовыпусков в середине продольной стороны карты намыва.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВСН 214-93. Нормы проектирования и производства гидромеханизированных работ в транспортном строительстве. – Москва, 1994.

2. РД 31.31.50-88. Рекомендации по проектированию и возведению береговых отвалов и образованию искусственных территорий при морском дноуглублении.

3. Flow-3D [Электронный ресурс] // https://www.flow3d.com/.

4. Нестерова Ю.В., Терлеев В.В. Технологии намыва и экологическая оценка землепользования морского порта Санкт-Петербурга. XXXVIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – С. 357–358.

5. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Майоров П.О., Неманов А.А. Оценка формы и объема отвалов с помощью современного геодезического оборудования. XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК. НОЦ «ВИЭ». – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С. 97–99.

6. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. – СПб.: СПбГТУ, 1996.

7. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Тазеев Т.А. Мониторинг насыпной дамбы, возводимой в МТП Усть-Луга на слабом грунтовом основании. – Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 4 (30). – С. 10–16.

УДК 631.43

Р.С. Гиневский, В.А. Лазарев, В.В. Терлеев, В.В. Черкасова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТРИ СИСТЕМЫ ПОЧВЕННО-ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И ИХ СРАВНЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ ИЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Знание особенностей климата, физиологии культивируемых растений, а также химического состава и гидрофизических свойств почвы является основой для решения многих задач природообустройства, гидрологии, экологии, мелиорации и других областей науки. К числу важнейших гидрофизических свойств почвы относятся водоудерживающая

способность и гидравлическая проводимость. Получение необходимых данных возможно с использованием математических моделей, которые позволяют уменьшить стоимость и трудоемкость натурных измерений. Математическое моделирование может быть основой для технологии управления водным режимом агроценозов и их защиты от негативных факторов окружающей среды [1].

В гидрофизике существует проблема описания водоудерживающей способности и гидравлической проводимости почвы с помощью системы функций, имеющих общий набор параметров. Широко применяемый метод Муалема-Ван Генухтена [2] описывает указанные гидрофизические свойства почвы, однако содержит функции с параметрами, не имеющими физического обоснования. Водоудерживающая способность и относительная гидравлическая проводимость в методе Муалема-Ван Генухтена [2] описываются функциями (1) и (2):

$$S_e = \begin{cases} (1 + (-\alpha\psi)^n)^{-m}, \psi < 0; \\ 1,\ \psi \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{k}{k_s} = \begin{cases} \sqrt{S_e}\left(1 - \left(1 - {S_e}^{1/(1-1/n)}\right)^{(1-1/n)}\right)^2, \theta < \theta_s; \\ 1, \theta = \theta_s\ ; \end{cases} \quad (2)$$

где $S_e = (\theta - \theta_r)/(\theta_s - \theta_r)$ [б/р] – эффективное влагонасыщение почвы; θ_s [см^3·см$^{-3}$] – объемная влажность почвы при полном насыщении водой; θ_r [см^3·см$^{-3}$] – остаточная объемная влажность почвы; α [см H_2O^{-1}], n [б/р] и m [б/р] – эмпирические параметры [2].

Методологически более корректный подход был предложен Косуги [3], но (ввиду избыточной сложности математического описания и неприемлемой погрешности описания гидравлической проводимости глинистой почвы) метод Косуги не составил конкуренцию методу Муалема-Ван Генухтена. На основании идей Косуги в статье [4] были предложены усовершенствованные гидрофизические функции (3) и (4):

$$S_e = \begin{cases} \frac{1}{2}\operatorname{erfc}\left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4}\ln\left(-\alpha(\psi - \psi_e)\right)\right), \psi < \psi_e; \\ 1, \psi \geq \psi_e; \end{cases} \quad (3)$$

$$\frac{k}{k_s} = \begin{cases} \frac{1}{4}\sqrt{S_e}\left(\operatorname{erfc}\left(\operatorname{inverfc}(2S_e) + \frac{2}{n\sqrt{\pi}}\right)\right)^2, \theta < \theta_s; \\ 1, \theta = \theta_s; \end{cases} \quad (4)$$

где $n > 0$, $\alpha = -1/(\psi_0 - \psi_e)$ [см H_2O^{-1}], ψ_e [см H_2O], ψ_0 [см H_2O]< ψ_e – интерпретированные параметры; $\operatorname{erfc}(x)$ – дополнительная функция ошибок.

Предложены также непрерывные аппроксимации [4] этих соотношений в классе элементарных функций (5) и (6):

$$S_e = \begin{cases} \left(1 + \left(-\alpha(\psi - \psi_e)\right)^n\right)^{-1}, \psi < \psi_e\ ; \\ 1,\ \psi \geq \psi_e; \end{cases} \quad (5)$$

$$\frac{k}{k_s} = \begin{cases} \sqrt{S_e}\left(1 - \left(1 - {S_e}^{-1}\right)\exp\left(\frac{8}{n\pi}\right)\right)^{-2},\ \theta < \theta_s; \\ 1, \theta = \theta_s\ . \end{cases} \quad (6)$$

В частном случае при $\psi_e = 0$ соотношение (5) имеет вид функции водоудерживающей способности почвы, предложенной Хаверкампом и соавторами [5].

Целью исследования является сравнительный анализ трех систем гидрофизических функций, которые описывают водоудерживающую способность и гидравлическую проводимость почвы, с общими наборами параметров.

Объект и метод исследования. В работе используются литературные данные из каталога Муалема о гидрофизических свойствах илистой почвы «2001 Silt Columeia» [6], а также три системы гидрофизических функций, каждая из которых образована двумя функциями, описывающими водоудерживающую способность и гидравлическую проводимость почвы, с общими наборами параметров. Сравнение этих систем функций основывается на результатах вычислительного эксперимента, в ходе которого по данным о водоудерживающей способности оцениваются значения функции гидравлической проводимости почвы и рассчитываются погрешности этих оценок с использованием опытных данных. Функции (1) и (2) Ван Генухтена [2] образуют систему №1; функции (3) и (4) образуют систему №2; функции (5) и (6) образуют систему №3.

Для автоматизирования процессов моделирования гидрофизических свойств почвы и оценки значений параметров функций разработана компьютерная программа «Soil-Hydrophysics» [7–10]. Она позволяет автоматизировать процессы моделирования свойств почвы и оценивания значений рассмотренных параметров функций. Окно интерфейса программы изображено на рис. 1. Эта программа была использована для верификации представленных гидрофизических функций. Программа «Soil-Hydrophysics» позволяет оптимизировать параметры для трех систем функций и построить графики зависимостей.

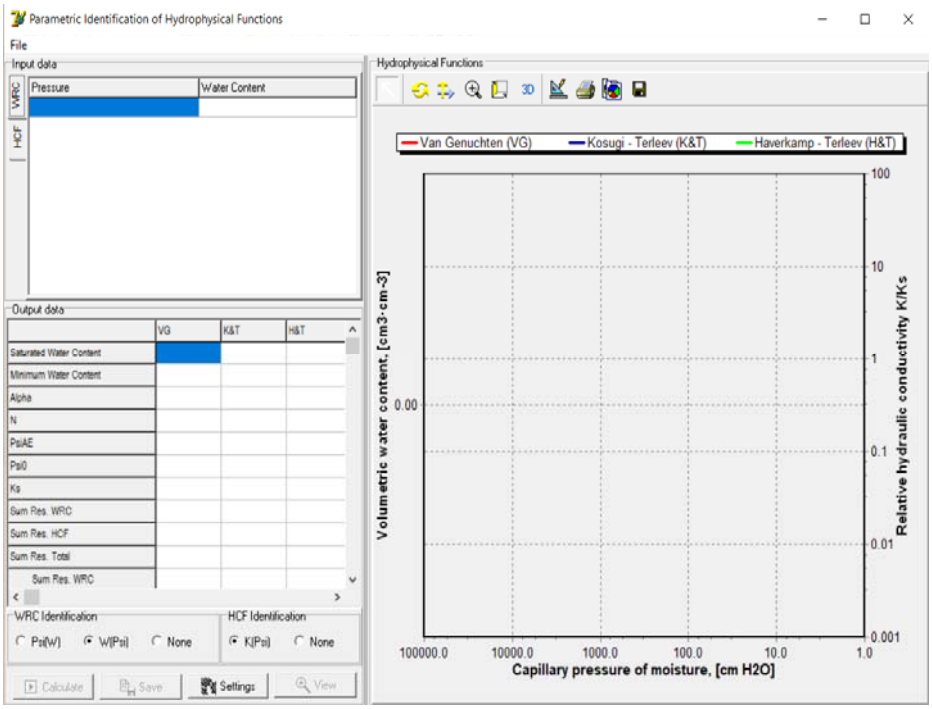


Рис. 1. Диалоговое окно компьютерной программы «Soil-Hydrophysics»

Таблица 1. Параметры трех систем почвенно-гидрофизических функций

Номер в каталоге [6] и название почвы	Номер системы	Параметры функций				
		θ_S, $см^3 \cdot см^{-3}$	θ_r, $см^3 \cdot см^{-3}$	ψ_e, см H_2O	α, см H_2O^{-1}	n
«2001 Silt Columeia»	1	0,401	0,137	-	0,0155	1,768
	2	0,401	0,182	18,935	0,0078	1,882
	3	0,401	0,173	7,953	0,0082	1,675

Результаты. В табл. 1 для каждой из трех сравниваемых систем гидрофизических функций приведены значения параметров, которые были получены в ходе вычислительного эксперимента. Охарактеризуем эти параметры: θ_S – влажность насыщения почвы; θ_r –

максимальная гигроскопичность почвы; ψ_0 – капиллярное давление (капиллярно-сорбционных потенциал) влаги, соответствующее наиболее вероятному радиусу капиллярных пор почвы; ψ_e – капиллярное давление (капиллярно-сорбционных потенциал) влаги «входа воздуха» (барботирования); α и n – параметры, которые для системы №1 определяют положение и форму кривых, изображающих гидрофизические функции, а для систем №2 и №3 эти параметры вычисляются через статистики логнормального распределения почвенных пор по размерам (при этом $\alpha = -1/(\psi_0 - \psi_e)$).

На рис. 2 в левой части представлены опытные данные о водоудерживающей способности (круглые черные точки); в правой части рисунков изображены опытные данные об относительной гидравлической проводимости (отношение гидравлической проводимости к коэффициенту фильтрации влаги) исследуемой почвы (квадратные черные точки). Сплошными кривыми на рис. 2 приведены результаты идентификации параметров путем точечной аппроксимации данных о водоудерживающей способности, а также результаты оценивания (прогнозирования) относительной гидравлической проводимости почвы. Для систем функций использованы разные цвета: №1 – красный, №2 – синий, №3 – зеленый.

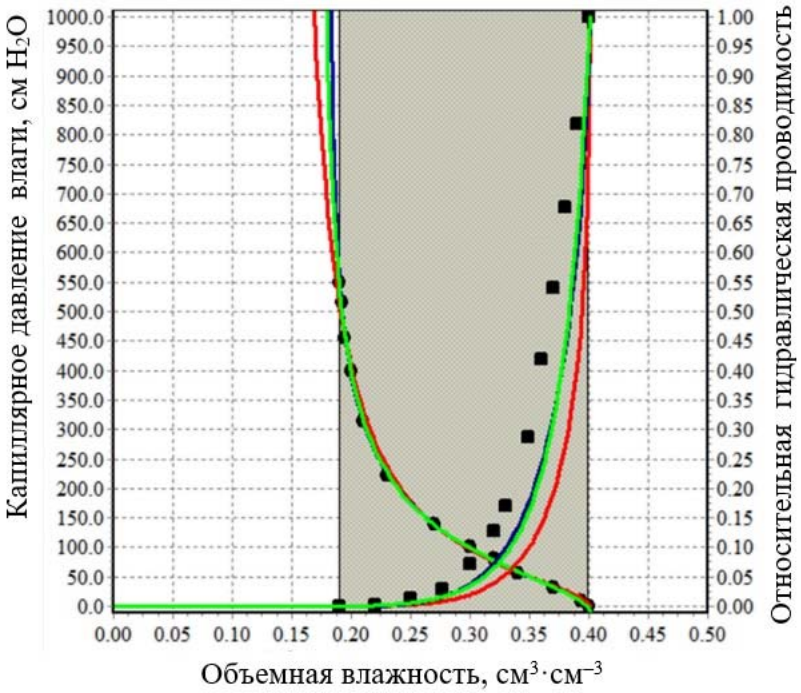


Рис. 2. Точечная аппроксимация водоудерживающей способности и прогнозирование относительной гидравлической проводимости почвы «2001 Silt Columeia»

Таблица 2. Сравнение результатов точечной аппроксимации измеренной водоудерживающей способности и оценивания (прогнозирования) относительной гидравлической проводимости почвы с опытными данными

Номер в каталоге [6] и название почвы	Среднеквадратическая ошибка					
	Система №1		Система №2		Система №3	
	WRC	RHC	WRC	RHC	WRC	RHC
«2001 Silt Columeia»	0,0031	0,2240	0,0015	0,1278	0,0012	0,1253

В табл. 2 приведены погрешности точечной аппроксимации опытных данных о водоудерживающей способности (WRC – water-retention capacity) и оценивания (прогнозирования) относительной гидравлической проводимости (RHC – relative hydraulic

conductivity) ненасыщенной влагой почвы для каждой из трех сравниваемых систем гидрофизических функций. В табл. 3 приведены результаты оценки достоверности отличий в погрешностях прогнозирования относительной гидравлической проводимости исследуемой почвы по критерию Вильямса-Клута (при доверительных вероятностях 0,95 и 0,975).

Таблица 3. Оценка достоверности различий в точности прогноза гидравлической проводимости для трех систем по критерию Вильямса-Клута

Номер в каталоге [6] и название почвы, грунта	$y = -\frac{y_1 + y_2}{2} = \lambda(y_1 - y_2)$, где y – опытные данные								
	Сравнение систем №1 и №2			Сравнение систем №1 и №3			Сравнение систем №2 и №3		
	λ	$\lambda_{0,95}$	$\lambda_{0,975}$	λ	$\lambda_{0,95}$	$\lambda_{0,975}$	λ	$\lambda_{0,95}$	$\lambda_{0,975}$
«2001 Silt Columeia»	-1,600	0,350	0,429	-1,204	0,510	0,625	-0,444	3,983	4,882
	№2 предпочтительнее, чем №1			№3 предпочтительнее, чем №1			№2 и №3 эквивалентны		

Из табл. 3 видно, что система функций №1 имеет достоверно наиболее высокую погрешность, а система №3, являясь аппроксимацией системы №2 в классе элементарных функций, не уступает исходной системе в точности. Кроме того, согласно табл. 2, система №3 имеет самую низкую погрешность прогноза среди всех представленных систем. Полученные результаты позволяют охарактеризовать систему №3 как набор соотношений, физически обоснованных и сформулированных в классе элементарных функций, имеющих достаточно высокую точность описания гидрофизических свойств илистой почвы.

Выводы. Погрешности точечной аппроксимации опытных данных о водоудерживающей способности и оценивания (прогнозирования) относительной гидравлической проводимости почвы «2001 Silt Columeia» для систем №2 и №3 приблизительно вдвое меньше, чем для системы №1. Достаточно низкая погрешность гидрофизических функций, образующих системы №2 и №3, свидетельствует об их физической адекватности. Математическое моделирование гидрофизических свойств почво-грунтов и оценивание параметров гидрофизических функций реализовано с использованием протестированной компьютерной программы «Soil-Hydrophysics». Внедрение программы в практику инженерно-мелиоративного и агротехнологического проектирования, а также использование этой программы для оценивания влагообеспеченности и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур позволит существенно повысить точность необходимых вычислений, а также уменьшить трудоемкость соответствующих инженерных изысканий и натурных гидрофизических исследований. Результаты исследования имеют большое значение для обоснования инженерных решений в гидромелиоративном строительстве, а также при управлении влагообеспеченностью агроценозов и прогнозировании их урожайности. Применение таких моделей позволит повысить точность гидрофизических расчетов при обосновании инженерных решений в гидромелиоративном строительстве, при проведении гидромелиоративных мероприятий, при оценивании влагообеспеченности и прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур, что, несомненно, приведет к уменьшению издержек на производство продукции ирригационного земледелия, будет способствовать рациональному использованию водных ресурсов и их охране от загрязнения агрохимикатами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-*а*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенова Н.Н., Новожилов К.В., Петрова Т.М., Терлеев В.В. Детерминированные модели поведения пестицидов в почве. Методология построения, структура, принципы использования. – СПб.: ВИЗР, 1999. – 92 с.

2. Van Genuchten M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil science society of America journal. – 1980. – Vol. 44. – No. 5. – P. 892–898.

3. Kosugi K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties // Water Resources Research. – 1996. – Vol. 32. – No. 9. – P. 2697–2703.

4. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. – 2014. – Т. 2. – № 14. – С. 35.

5. Haverkamp R., Vauclin M., Touma J., Wierenga P.J., Vachaud G. A comparison of numerical simulation model for one-dimensional infiltration // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1977. – Vol. 41. – P. 285–294.

6. Mualem Y. A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils. 100 pp. // Technion-Israel Inst. of Technol., Haifa, Israel. – 1976.

7. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сборнике: XL Неделя науки СПбГПУ Материалы международ. научно-практ. конф. – 2011. – С. 319–321.

8. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сборнике: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. – СПб.: АФИ, 2012. – С. 497–501.

9.Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «Hysteresis» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сборнике: Материалы научной сессии Агрофизического института. – 2013. – С. 161–166.

10. Лазарев В.А., Гиневский Р.С., Терлеев В.В. Применение программы «SoilHydrophys» для оценки гидравлической проводимости по данным о водоудерживающей способности почвы // Неделя науки СПбПУ. – 2018. – С. 164–167.

УДК 614.841.33

И.И. Дмитриев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СОСТАВНОГО ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТОГО ТОНКОСТЕННОГО ДВУТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ

Несущие и ограждающие конструкции, использующие в качестве основы тонкостенные профили из оцинкованной стали, показывают высокую экономическую эффективность, обусловленную низкой металлоемкостью, легкостью транспортировки, возможностью заводской сборки, унификацией типовых элементов и соединений и т.д.

Под термином ЛСТК понимают строительные конструкции из холодногнутых оцинкованных профилей толщиной до 4 мм, произведённые методом холодного формообразования из прокатного листового металла.

Большинство исследований, связанных с данными конструкциями, имеют расчетный характер, а экспериментальные данные по прочностным характеристикам получены при нормальных условиях эксплуатации [1, 2].

Для тонкостенных конструкций актуальна проблема пожарной безопасности вследствие высокой теплопроводности стали и небольшого значения приведенной толщины сечения конструкций. Быстрый рост температуры тонкостенного сечения приведет к резкому ухудшению механических характеристик.

Целью статьи является валидация расчетных методов определения пределов огнестойкости тонкостенных конструкций по российскому и европейскому стандарту. На основании проведенных огневых испытаний предложить математическую зависимость температуры от времени для прогнозирования поведения тонкостенных конструкций.

В российских нормативных документах нет рекомендации по расчету незащищенных тонкостенных конструкций в условиях огневого воздействия. Существуют только общие рекомендации для стальных конструкций, не учитывающие специфики ЛСТК. Такой метод расчета представлен в европейском стандарте [3]. При определение несущей способности, параметры сечения заменяются на эффективные (редуцированные). Несущая способность тонкостенных профилей при повышенных температурах неоправданно занижена, так как при определенных граничных условиях балки из высокопрочной стали могут сохранять несущую способность при температуре до 700°C [4–7]. В большинстве случаев допустимо применять каркасные системы на основе ЛСТК без дополнительной огнезащиты, тогда, когда не нормируются пределы огнестойкости и принимаются как R8. В остальных случаях необходимы меры по увеличению огнестойкости конструкций.

В данном исследовании в качестве испытываемого объекта принимаются профили составного сечения (а не простого С-образного), чаще других применяемые в качестве несущих конструкций в зданиях и сооружениях. В качестве колонны без огнезащиты рассматривается составное сечение из двух С-образных профилей 380х125х30х3.5, соединенных болтовым креплением (рис. 1, 2).

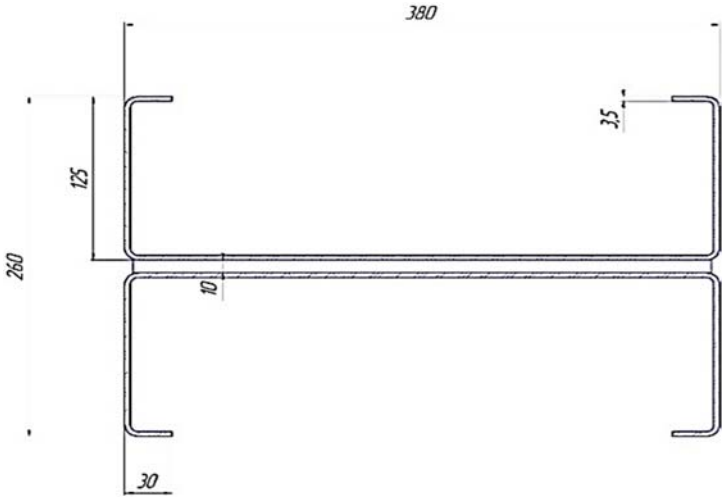


Рис. 1. Расчетное сечение 380х260 мм

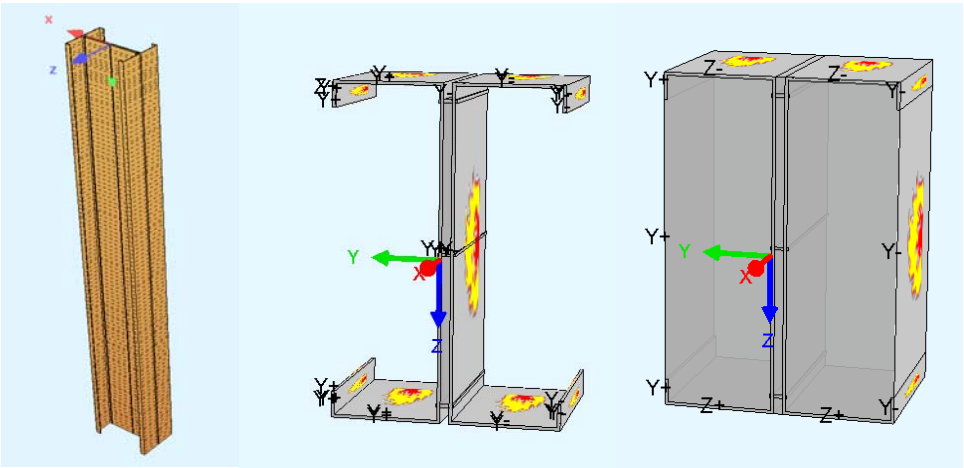


Рис. 2. Смоделированные сечения образца

Полная A_m и эффективная (редуцированная) A_{eff} площадь составного сечения:

$$A_m = 2 \cdot 23{,}36 \text{ см}^2 = 46{,}72 \text{ см}^2;$$

$$A_{eff} = 2 \cdot 12{,}53 = 25{,}06 \text{ см}^2.$$

Наименьший момент инерции сечения относительно оси *Z*:

$$I_{eff} = 2 \cdot \left[I_{eff,z} + A_{eff}{}^{I} \left(y_c + \frac{t}{2} + \frac{a}{2} \right)^2 \right]. \quad (1)$$

$$I_{eff} = 2 \cdot \left[391{,}80 + 21{,}45 \cdot \left(2{,}9837 + \frac{0{,}35}{2} + \frac{1{,}0}{2} \right)^2 \right] = 1304{,}24 \text{ см}^4.$$

Сечение симметричное, новое положение нейтральной Z-оси проходит через центр симметрии сечения.

Вычисление расчетного предела огнестойкости получается на основании решения статической и теплофизической задачи. В рамках статической задачи определяется критическая температура, при которой ожидается наступление предельного состояния конструкции. В результате решения теплофизической задачи определяется время нагрева рассматриваемого сечения до критической температуры. Теплофизическая задача решается как аналитически, так и при помощи электронно-вычислительной техники [8–10]. Огневые испытания колонны проводились согласно ГОСТ 30247.1-94 при стандартном режиме пожара. Результатом моделирования служат графики с температурным градиентом по сечению.

Значение в центре секции принималось в качестве расчетной температуры. Для рассмотрения были приняты две альтернативные модели: приложение огневого воздействия по ширине сечения непосредственно к стальному профилю и через воздушный зазор.

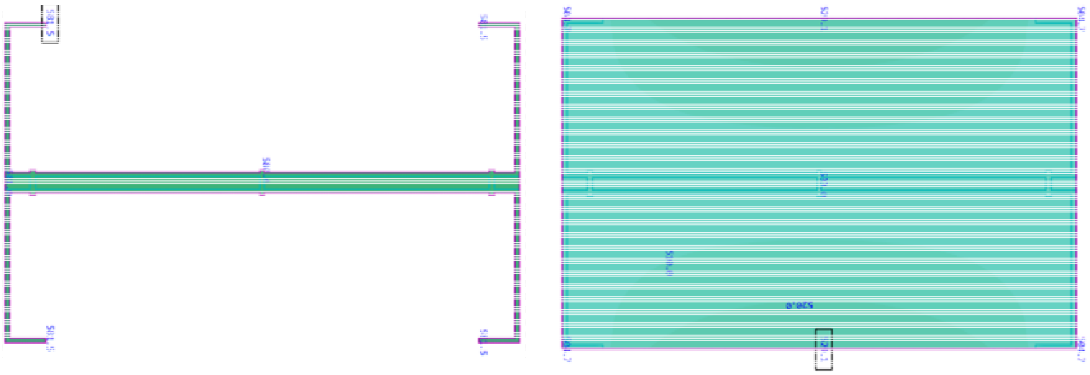


Рис. 3. Градиент температуры для 1-го и 2-го варианта на 8-й минуте



Рис. 4. Испытываемый образец до и после огневого воздействия

Результаты моделирования представляют собой графики с градиентом температуры по сечению (рис. 3).

Испытываемый образец показан на рис. 4.

Критические деформации наблюдались на 09:33 минуте испытания. Максимальная температура образца составляет 451,3 °С. Сводная таблица критических температур и времени их достижения представлена в табл. 1.

Таблица 1. Сводные данные по критическим температурам и пределам огнестойкости

Расчетный метод	Критическая температура °С // Предельное время, мин		
	Российский стандарт	Европейский стандарт	Огневые испытания
Статическая задача			
Критическая температура	594,09	547,27	451,3°С
Теплофизическая задача			
EN 1993-1-2-2005	10,251	8,942	09:33
Моделирование (с учетом воздушного зазора)	10,523	9,231	
СТО АРСС	8,330	7.055	
Моделирование (без учета воздушного зазора)	8,585	7,440	

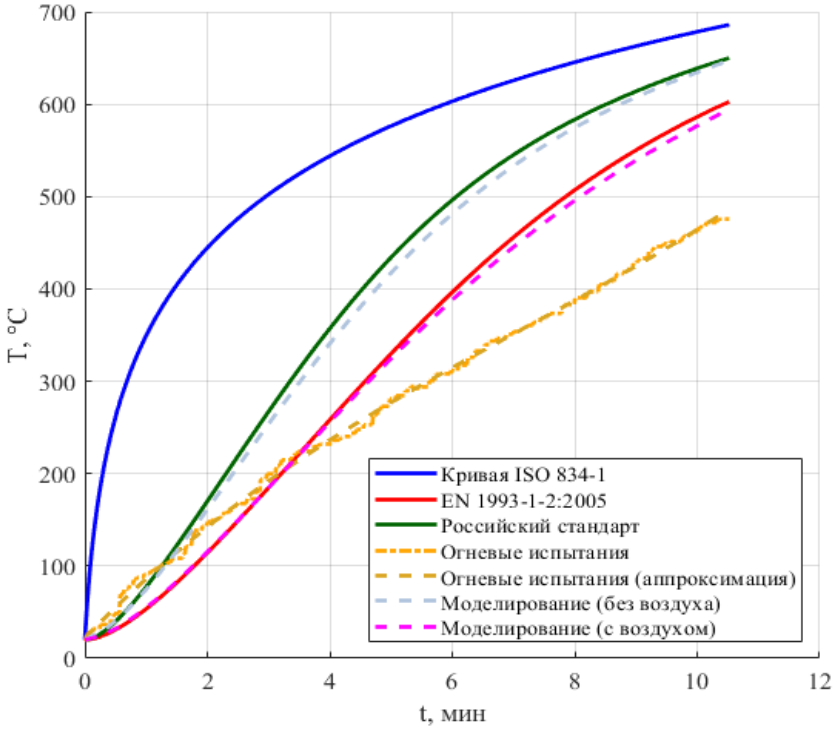


Рис. 5. Кривые огневого воздействия (расчетные и фактические)

Расчетные кривые огневого воздействия и фактические значения термопар показаны на рис. 5.

Выводы. Для профиля 380х260 мм состоящего из двух С-образных профилей расчётные критические температуры 594,09 °С (российский стандарт) и 547,27 °С (европейский стандарт) различаются на 8% между собой, а также на 31,6% и 21,2% с огневыми испытаниями – 451,3 °С соответственно.

Наилучшую сходимость с фактическими результатами огневых испытаний показали расчеты согласно Европейскому стандарту EN 1993-1-2-2005 и Моделирование (с учетом воздушного зазора). Это обусловлено наличием в расчете поправочного теневого коэффициента. Игнорирование данного эффекта приводит к консервативным решениям, аналогично представленным в российском стандарте.

Полученная аппроксимация экспериментальных данных в виде математической зависимости температуры от времени (уравнение (2)) позволит при дальнейшем анализе обнаружить дополнительные особенности прогнозирования температурного градиента в тонкостенных профилях, в том числе других геометрических размеров и конфигураций.

$$T_f = 0{,}209t^3 - 4{,}485t^2 + 68{,}181t + 22{,}069. \quad (2)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Pan C.-L., Shan M.-Y. Monotonic shear tests of cold-formed steel wall frames with sheathing. Thin-Walled Structures. 49, pp. 363–370 (2011).
2. Wang H., Zhang Y. Experimental and numerical investigation on cold-formed steel C-section flexural members. Journal of Constructional Steel Research. 65, pp. 1225–1235 (2009).
3. EN 1993-1-2-2005. Eurocode 3. Design of steel structures Part 1-2. General rules. Structural fire design.
4. Kaitila O. Imperfection sensitivity analysis of lipped channel column sat high temperatures. Journal of Constructional Steel Research. 58, pp. 333–351 (2002).
5. Ranawaka T., Mahendran M. Numerical modeling of light gauge cold-formed steel compression members subjected to distortional buckling at elevated temperatures. Thin-Walled Structures. 48, pp. 334–344 (2010).
6. Коломийцев Д.Е. Огнестойкость междуэтажного перекрытия на основе стальных С-образных профилей / Д.Е. Коломийцев, А.О. Родичева, В.А. Рыбаков // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8 (18). С. 32–37.
7. Рыбаков В.А., Ананьева И.А., Родичева А.О., Огидан О.Т. Напряженно-деформированное состояние фрагмента сталежелезобетонного перекрытия в условиях огневого воздействия // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 6 (74). С. 161–174.
8. Shukhardin A., Gravit M., Dmitriev I., Nefedov G., Nazmeeva T., Fire Simulation of Light Gauge Steel Frame Wall System with Foam Concrete Filling, Advances in Intelligent Systems and Computing. 982, pp. 836-844 (2020). – https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_80.
9. Gravit M., Dmitriev I., Lazarev Y., Validation of the Temperature Gradient Simulation in Steel Structures in SOFiSTiK, Advances in Intelligent Systems and Computing. 983, pp. 929–938 (2019). – https://doi.org/10.1007/978-3-030-19868-8_92.
10. Dmitriev I., Lyulikov V., Bazhenova O., Bayanov D., Calculation of fire resistance of building structures in software packages. E3c Web of Conferences. 91, 02007 (2019). – doi.org/10.1051/e3sconf/20199102007.

УДК 693.557

С.В. Кириллов, Д.А. Кутин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РОСТВЕРКА МОСТОВОЙ ОПОРЫ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ

Долговечность и сравнительно низкая стоимость эксплуатации железобетонных конструкций помогли получить широкое распространение железобетону в качестве материала для опор мостовых сооружений. Устойчивость железобетонных конструкций к статическим и динамическим нагрузкам помогают достигнуть необходимых эксплуатационных характеристик и обеспечить высокий уровень надежности.

Основной проблемой при возведении бетонных мостовых опор является образование температурных трещин, возникающих в процессе твердения бетона в результате растягивающих напряжений. Различают три основных вида напряжений в зависимости от их происхождения: микронапряжения, макронапряжения и собственные напряжения бетона. Микронапряжения – это напряжения, возникающие в бетоне из-за разности коэффициентов линейного расширения составляющих материалов. Основываясь на практических данных,

микронапряжения тем выше, чем выше температура твердения бетона в конструкции, из чего можно сделать вывод, что наиболее благоприятный результат получается при твердении бетона при низких положительных температурах [1, 2]. Макронапряжения возникают в результате градиента температур в конструкции, изменяющегося в течении времени. Изменения градиента температур во времени вызваны неравномерным экзотермическим разогревом и последующим остыванием бетонного массива [3]. Собственные напряжения, так же именуемые остаточными, представляют собой макронапряжения при равномерном распределении температур в конструкции.

Целью данного исследования является численный расчет термонапряженного состояния на основе макронапряжений, то есть напряжений, вызванных изменением градиента температур. Макронапряжения, помимо риска возникновения температурных трещин, могут являться причиной трещиностойкости бетонного массива. Исходя из этого при правильном контроле градиента температур в бетонируемом блоке можно обеспечить повышенные потребительские свойства конструкции. Для этого производится расчет термонапряженного состояния, на основе которого формируются мероприятия по уходу за бетоном.

Нормативные документы регламентируют, что в необходимых случаях в проектах с целью оценки фактической работы мостовых конструкций следует предусматривать мониторинг напряженно-деформированного состояния мостов, т.е. систему длительного контроля за их состоянием и поведением в процессе строительства [4], что подтверждает актуальность данной темы.

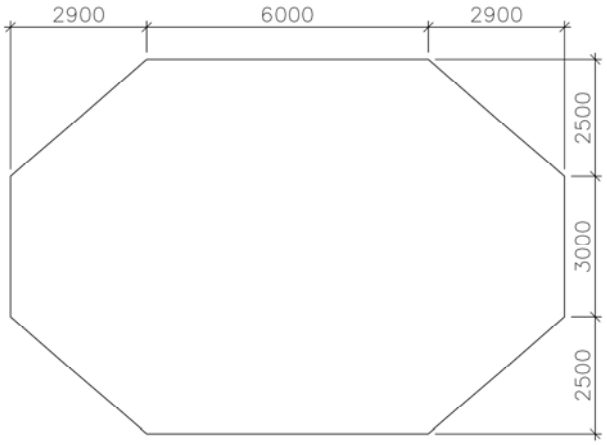


Рис. 1. Бетонный ростверк мостовой опоры

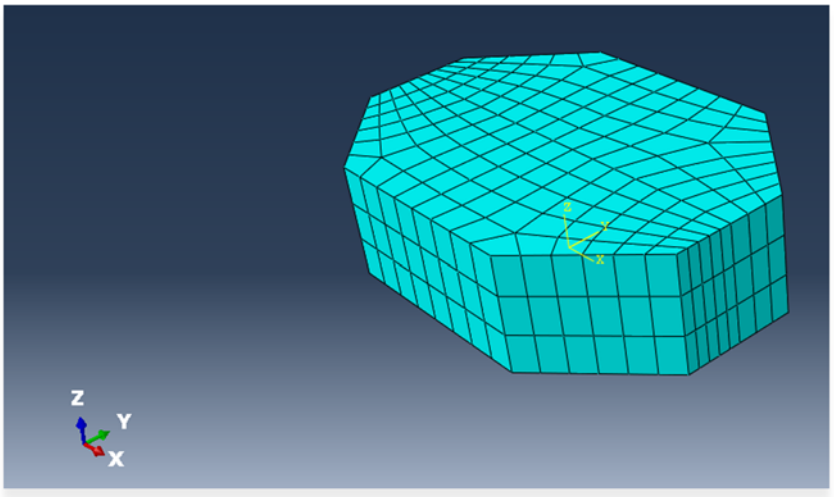


Рис. 2. Разбивка конструкции ростверка на элементы

Для расчета температурных полей и термонапряженного состояния задействован сертифицированный в Российской Федерации программный комплекс Abaqus SIMULIA компании Dassault Systemes. Данный программный комплекс позволяет произвести расчет широкого спектра инженерных задач различной сложности методом конечных элементов. Суть данного метода заключается в решении дифференциального уравнения в заданной области путем представления этой области в виде множества конечных элементов. Чем большим количеством конечных элементов будет представлена расчетная область, тем точнее будет результат [5, 6].

Рассчитываемый ростверк представляет собой монолитную конструкцию высотой 3,0 м и с размерами в плане, представленными на рис. 1. Для осуществления метода, описанного выше, ростверк подвергается разбивке на элементы, см. рис. 2.

Далее вводятся граничные условия. Граничные условия для температурной задачи основываются на дифференциальном уравнении теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial t}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial t}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k_z \frac{\partial t}{\partial z}\right) + q_v = \rho c \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопроводности материала; q_v – количество тепла от экзотермического разогрева; ρ – плотность бетона; c – удельная теплоемкость; τ – время.

Для решения задачи температурных напряжений используется зависимость [7]:

$$\sigma = RE\alpha\Delta t, \quad (2)$$

где σ – температурное напряжение, кг/м^2; R – фактор ограничения; E – модуль упругости бетона, кг/м^2; Δt – градиент температуры.

Состав бетона для рассматриваемой конструкции подбирается в соответствии с ГОСТ 27006-86 и СП 46.13330.2012 [8, 9]. В данной задаче принимается бетон класса по прочности В25. Исходя из класса по прочности и расположения ростверка по СП 46.13330.2012 расход цемента должен быть в диапазоне 290–450 кг/м^3. Для расчета принят расход цемента 385 кг/м^3. Температура бетонной смеси для расчета принята 10^{o}С, температура основания 5^{o}С, температура окружающего воздуха 5^{o}С.

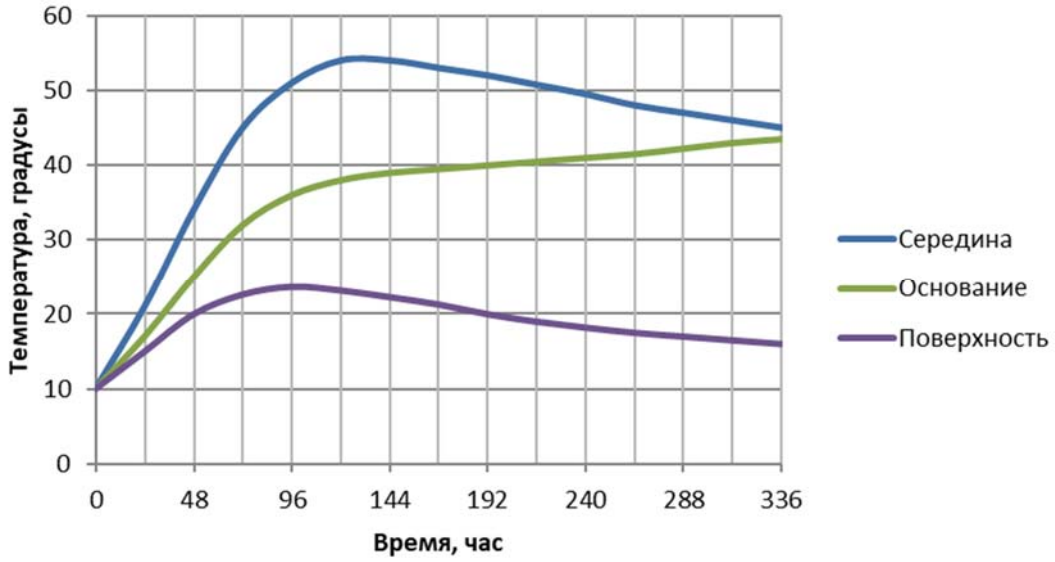


Рис. 3. График изменения температур твердеющего бетона по времени

Результатом работы программного комплекса Abaqus SIMULIA являются графики зависимости температуры и напряжений от времени для разных элементов, см. рис. 3 и рис. 4. На графиках представлены данные температур и напряжений ключевых элементов: по центру на поверхности, в ядре и по центру основания блока. Благодаря данным графикам появляется возможность оценить критические градиенты температур и напряжения в конструкции и

разработать на их основе необходимые мероприятия для обеспечения трещиностойкости конструкции.

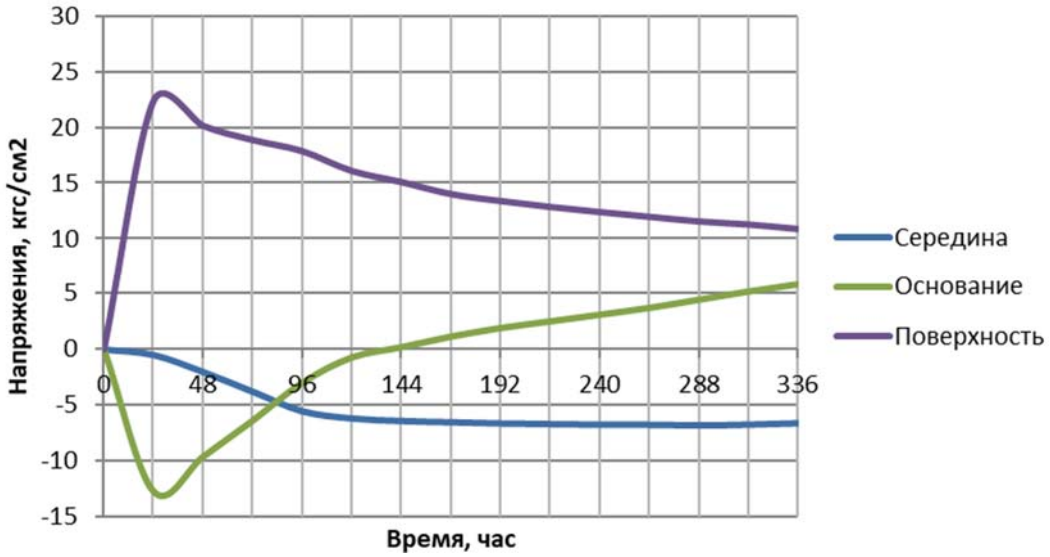


Рис. 4. График изменения напряжений твердеющего бетона по времени

Выводы:

1. Таким образом расчет термонапряженного состояния ростверка мостовой опоры, произведенный в программе Abaqus SIMULIA, предоставляет полный набор данных, на основании которых можно оценивать возможность образования температурных трещин в бетонном массиве.

2. Для предотвращения образования температурных трещин в конструкции необходимо разработать комплекс мероприятий. Этот комплекс в обязательном порядке подразумевает под собой контроль температуры бетонного массива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абзаев Ю.А., Гныря А.И., Коробков С.Н., Томрачев С.Н., Гаусс К.С. Моделирование влияния градиентов температур на распределение напряжений на стадии гидратации бетонных стержней // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2016. – С. 853–857.

2. Анискин Н.А., Нгуен Ч.Ч, Брянский И.А., Дам Х.Х. Определение температурного поля и термонапряженного состояния укладываемого бетонного массива методом конечных элементов // Вестник МГСУ. – 2018. – С. 1407–1418.

3. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 528 с.

4. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы.

5. Барабанщиков Ю.Г., Семенов К.В., Стручкова А.Я., Мановицкий С.С. Оценка учёта влияния температуры твердения на процесс тепловыделения в расчетах термонапряженного состояния массивных бетонных и железобетонных конструкций в строительный период // Приволжский научный вестник. – 2017. – С. 11–17.

6. Соловьянчик А.Р., Гинзбург А.В., Пуляев И.С. Обеспечение повышенных требований к уходу за твердеющим бетоном при возведении конструкций транспортных сооружений // Вестник МГСУ. – 2013. – С. 156–165.

7. Троян В.В. Моделирование трещиностойкости бетонного ростверка // Приволжский научный вестник. – 2015. – С. 61–63.

8. СП 46.13330.2012. Мосты и трубы.

9. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава.

УДК 69

П.А. Шерстобитова, М.В. Петроченко, Т.В. Рубайло, А.И. Макаров, Е.А. Морина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОД FMEA КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ КРИТИЧНОСТИ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Одним из показателей деятельности строительной организации является качество строительной продукции. Ошибки, допущенные на каждом этапе строительства, приводят к дефектам строительных конструкций [1], наличие которых в свою очередь влияет на качество конечного продукта. Для их предупреждения важно наличие развитой системы менеджмента качества.

ГОСТ ISO 9001:2011 «Системы менеджмента качества. Требования» предполагает проведение предупреждающих действий, которые должны соответствовать возможным последствиям потенциальных проблем. К таким действиям относится устранение и выявление причин несоответствий для предупреждения повторного их возникновения.

По причинам происхождения дефектов строительных конструкций зданий и сооружений следует различать [2]:

- воздействия внешних факторов природного или техногенного характера;
- воздействия внутренних факторов, обусловленных технологическими процессами;
- дефекты, вызванные ошибками при проведении инженерно-геологических изысканий, проектировании и строительстве зданий и сооружений;
- недостатки и нарушения правил эксплуатации зданий и сооружений.

На этапе предупреждения возникновения дефектов мы можем работать с дефектами, вызванными ошибками при проведении инженерно-геологических изысканий, проектировании и строительстве зданий и сооружений, то есть те виды дефектов, на возникновение которых мы можем повлиять.

Все это является поводом, для того, чтобы начать исследование в поисках методологии, которая могла бы обеспечить возможность оценки и предупреждения возможности возникновения дефектов строительных конструкций.

В промышленности западных стран [3, 4], а также в отечественном автомобилестроении (ГОСТ Р 51814.2–2001) уже давно применяется метод анализа видов и последствий дефектов FMEA – Failure Mode and Effects Analysis.

Согласно военному стандарту США MIL-STD-1629 «Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis», FMEA – это метод, с помощью которого проводится анализ всех возможных ошибок системы и определения результатов или эффектов на систему с целью классификации всех ошибок относительно их критичности для работы системы.

В работе S.M. Masera [5] упоминается, что использование метода FMEA для строительства зданий может стать наиболее эффективным инструментом в системе менеджмента качества для предотвращения дефектов и предупреждения негативных последствий от них.

Целью данной работы является применить метод FMEA для оценки критичности характерных дефектов железобетонных строительных конструкций.

Для этого нужно:

- рассмотреть основные положения метода FMEA;
- для характерных дефектов и повреждений железобетонных строительных конструкций [6] рассчитать показатель ПЧР;
- разбить дефекты по полученным значениям на 5 групп рисков возникновения в зависимости от значения ПЧР.

Основные положения метода FMEA [7]:

1. Формируется команда из специалистов разного профиля, работающих методом «мозгового штурма».
2. Выбирается объект анализа (строительная конструкция).
3. Для объекта определяются границы (установлены в процессе строительства).
4. Для каждой части исследуемого объекта определяются возможные дефекты [6], для которых обозначается причина и последствия (рис. 1).
5. Для каждого последствия проекта определяется балл значимости S. Для каждой потенциальной причины дефекта определяют балл возникновения O. Для данного дефекта и каждой отдельной причины определяют балл обнаружения D (рис. 2).



Рис. 1. Определение причин, дефектов и их последствий

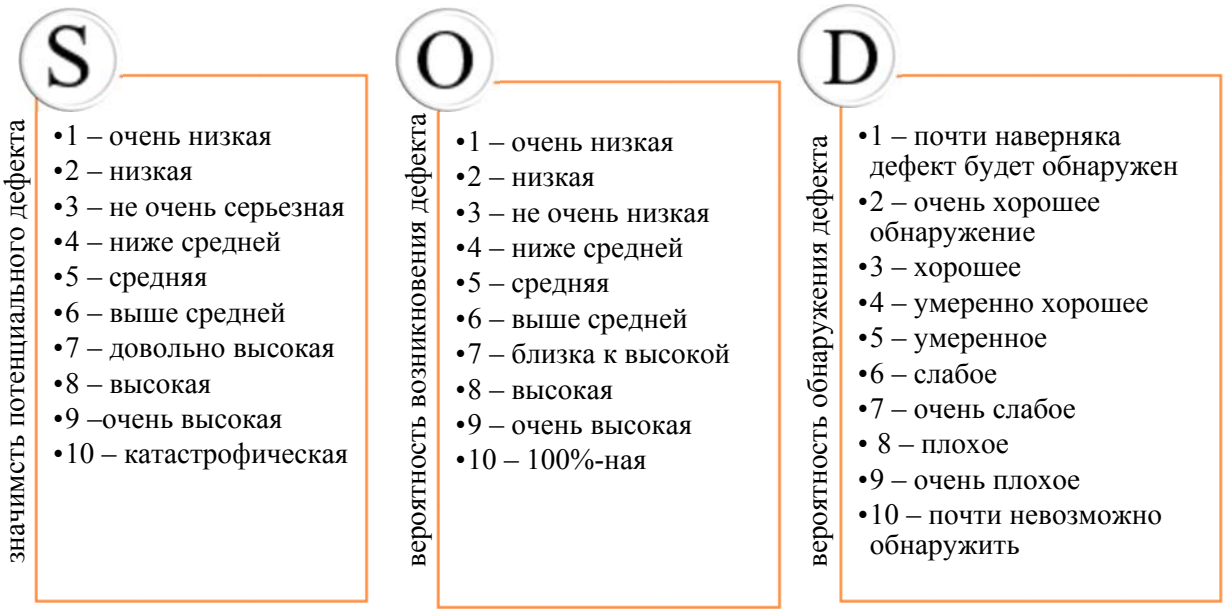


Рис. 2. Определение баллов значимости, возникновения и обнаружения

6. Вычисляют приоритетное число риска ПЧР по формуле:

$$ПЧР = S \cdot O \cdot D.$$

7. ПЧР сравнивается с заранее установленным предельно допустимым критическим значением $ПЧР_{кр}$.
8. Для дефектов, у которых $ПЧР > ПЧР_{кр}$, производят доработку и заново определяют баллы S, O, D и рассчитывают ПЧР.
9. Все значения ПЧР рассматривают и если необходимо дальнейшее их снижение, повторяются предыдущие действия.
10. Составляется протокол, в котором отражены результаты работы команды.

Выберем в качестве объекта анализа характерные дефекты и повреждения железобетонных строительных конструкций. В табл. 1 представлены некоторые их них.

Разобьем полученные значения ПЧР на 5 групп в зависимости от значения ПЧР. Это позволит понять, на какие дефекты важно обращать внимание в первую очередь (рис. 3).

Таблица 1. Характерные дефекты и повреждения железобетонных строительных конструкций

Дефект	Причина	Последствие	O	S	D	ПЧР
Волосные трещины вдоль арматуры, иногда след ржавчины на поверхности бетона	Коррозия арматуры (слой коррозии до 0,5 мм) при потере бетоном защитных свойств (например, при карбонизации). Раскалывание бетона при нарушении сцепления с арматурой	Снижение несущей способности до 5%. Может снизиться долговечность	5	6	4	120
Сколы бетона	Механические воздействия	При расположении в сжатой зоне – снижение несущей способности за счет уменьшения площади сечения. При расположении в растянутой зоне на несущую способность не влияют, но снижают жесткость элемента	4	8	3	96
Промасливание бетона	Технологические протечки	Снижение несущей способности за счет снижения прочности бетона до 30 %	7	4	3	84
Трещины вдоль арматурных стержней с шириной раскрытия до 3 мм. Явные следы коррозии арматуры	Развиваются в результате коррозии арматуры из волосяных трещин (см. п. 2). Толщина продуктов коррозии – до 3 мм	Снижение несущей способности в зависимости от толщины слоя коррозии и размеров выключенного из работы бетона сжатой зоны. Кроме того, уменьшение несущей способности нормальных сечений до 20 % в результате нарушения сцепления арматуры с бетоном. При расположении на опорных участках – состояние конструкций аварийное	9	5	7	315
Отслоение защитного слоя бетона	Коррозия арматуры	Снижение несущей способности в зависимости от уменьшения площади сечения арматуры в результате коррозии и уменьшения размеров поперечного сечения сжатой зоны. Снижение прочности нормальных сечений до 30 % в результате нарушения сцепления арматуры с бетоном. Снижена жесткость элементов. При расположении дефекта на опорном участке – состояние аварийное.	8	4	5	160

ПЧР	Риск
0 < ПЧР ≤ 50	Незначительный
50 < ПЧР ≤ 150	Низкий
150 < ПЧР ≤ 250	Средний
250 < ПЧР ≤ 350	Высокий
350 < ПЧР	Очень высокий

Рис. 3. Пять групп значения ПЧР

Выводы. Проведенный анализ показал, что использование метода FMEA позволяет оценить критичность возникновения дефектов и повреждений строительных конструкций.

В будущем важно провести более широкий анализ характерных дефектов строительных конструкций с использованием метода FMEA.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гроздов В.Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия. – 1998.
2. Ремнев В.В., Морозов А.С., Тонких Г.П. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 196 с.
3. Кошелев В.А. Механизм управления рисками в строительстве // Вопросы экономики и права. – 2014. – № 74. – С. 122–127.
4. Abdelgawad M., Fayek A.R. Risk management in the construction industry using combined fuzzy FMEA and fuzzy AHP // Journal of Construction Engineering and Management. – 2010. – Т. 136. – № 9. – С. 1028–1036.
5. Masera, S.M. (1999). Technical risk analysis in construction by means of FMEA methodology. 5th Annual ARCOM Conference, 2, pp. 425–34.
6. Ремнев В.В., Морозов А.С., Тонких Г.П. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 196 с.
7. Петровская Ю.А., Петровская Е.А. Комплексная оценка рисков методом FMEA // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 2. – № 12.

УДК 697

М.Д. Терех, Д.В. Третьякова, Н.М. Морозова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРВИЧНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

Энергоэффективность является одной из ключевых характеристик современного строительства, отражающая рациональное использование энергоресурсов и оптимизацию количества энергии, используемой для поддержания постоянного уровня энергоснабжения. Стремление к строительству зданий с высоким уровнем энергоэффективности легко объяснить желанием создать комфортные условия жизни людей, несмотря на дефицит ресурсов (страны ЕС) или их значительные расходы в суровых климатических условиях (РФ), которые также сопровождаются увеличением стоимости эксплуатации зданий.

Целью работы является разработка математической модели для анализа уровня тепловой защиты, которая впоследствии позволит рассчитать соответствующую оптимальную с энергетической точки зрения толщину выбранного изоляционного материала при любых климатических условиях с любыми постоянными слоями конструкции.

Основным параметром энергоэффективности является сопротивление теплопередаче конструкции, величина которого зависит от санитарно-гигиенических условий помещений.

Несколько исследований углубились в изучении тепловых параметров зданий. Л. Данилевский и С. Данилевский разработали алгоритм определения теплофизических характеристик зданий [1]. Конструктивные и технологические способы повышения термического сопротивления были освещены Е. Стаценко, А. Островой, Т. Мусориной, М. Куколевым, М. Петриченко [2].

В исследовании М. Озел были определены тепловые характеристики материалов, а также оптимальная толщина изоляции стен здания с различными материалами конструкции в динамических условиях [3].

Для каждого региона существует нормативное значение термического сопротивления, установленное в зависимости от климатических условий. Оно служит нижнем пределом при подборе параметров конструкции. Нормативное сопротивление может быть достигнуто различными способами.

Вопрос соответствия требованиям действующих стандартов в процессах проектирования и расчета был поднят в нескольких рассмотренных статьях [4–6].

Вопрос о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий в условиях изменяющихся нормативных документов был изложен в работе М. Кнатько, М. Ефименко и А. Горшкова [7].

В статье О. Аверьяновой показан подход к оценке экономической эффективности реализации мероприятий повышения энергоэффективности систем поддержания оптимальных параметров микроклимата зданий [8].

Поскольку стоимость тепловой энергии и материалов сильно различается даже в пределах одной страны, то для оценки энергоэффективности ограждающих конструкций зданий мы учитываем затраты топливно-энергетических ресурсов на их строительство и эксплуатацию (рис. 1).

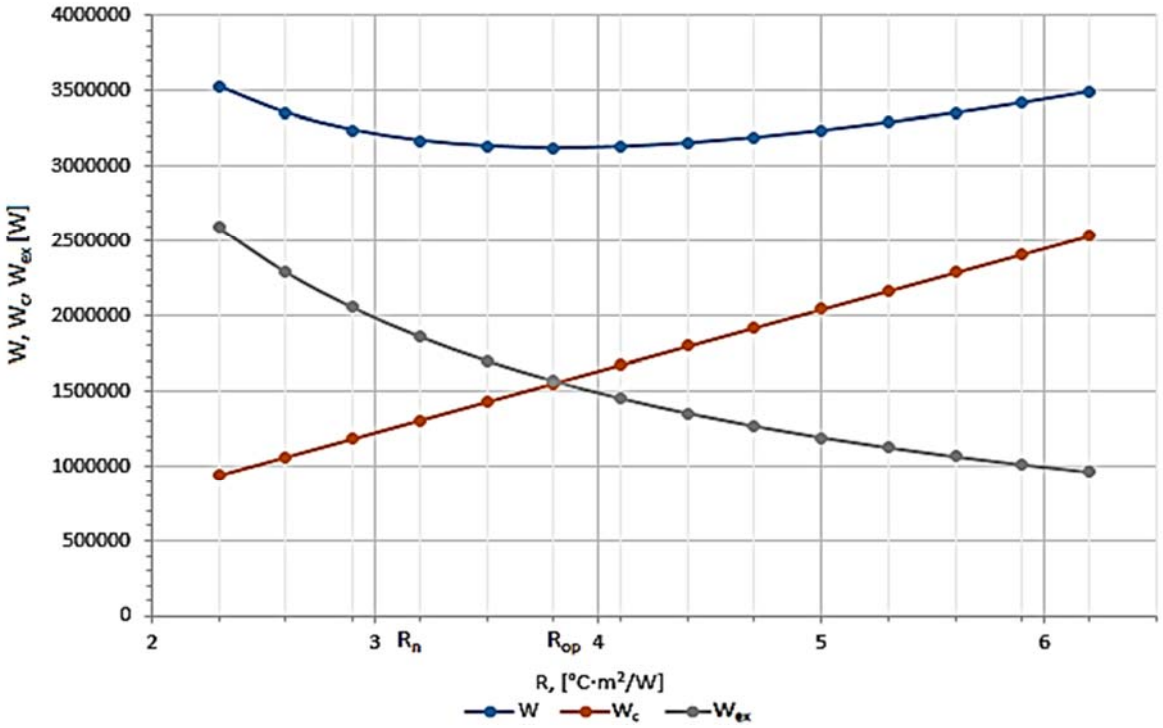


Рис. 1. Изменение общих энергетических затрат в зависимости от термического сопротивления R

Основные расчетные формулы.

Суммарные затраты энергии могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$W = W_c + W_э T, \quad (1)$$

где W_c – количество топливно-энергетических ресурсов, необходимых для создания конструкций, включая затраты на производство, монтаж и транспортировку, т.е. количество необходимой первичной энергии; $W_э$ – годовая потребность в топливно-энергетических ресурсах для эксплуатации; T – срок службы конструкций.

Затраты топливно-энергетических ресурсов, необходимых для создания конструкций, включая затраты на производство, монтаж и транспортировку:

$$W_с = W_и + W_м + W_{тр}, \quad (2)$$

где $W_и$ – топливно-энергетические затраты на изготовление конструкции; $W_м$ – топливно-энергетические затраты на монтаж конструкции; $W_{тр}$ – топливно-энергетические затраты на транспортировку конструкции.

Введем величины удельных затрат:

$$W_с = A_и V + A_{тр} m + A_м m, \quad (2а)$$

где $A_и$ – удельные затраты на производство 1 м^3 теплоизоляции, Вт/м^3; $A_{тр}$ – удельные затраты на транспортировку 1 кг теплоизоляции, Вт/кг; $A_м$ – удельные затраты на установку 1 кг теплоизоляции, Вт/кг; V – объем теплоизоляционного материала, м^3; m – масса теплоизоляционного материала, кг.

Рассмотрим участок конструкции площадью 1 м^2:

$$W_с = \delta(A_и + \rho(A_{тр} + A_м)), \quad (2б)$$

где ρ – плотность теплоизоляционного материала, кг/м^3; δ – толщина слоя теплоизоляционного материала, м.

Определим величину годовой потребности в топливно-энергетических ресурсах на эксплуатацию 1 м^2 конструкции:

$$W_э = \frac{(t_в - t_н) n m z}{R}. \quad (3)$$

Таким образом формула (1) имеет вид:

$$W = R\lambda\left(A_и + \rho(A_{тр} + A_м)\right) + \frac{(t_в - t_н) n m z}{R} T. \quad (4)$$

Критерием оптимальности является минимум энергозатрат.

Получим следующее уравнение:

$$\frac{\partial W}{\partial R} = 0. \quad (5)$$

Решая относительно R, получаем:

$$R = R_{опт} = \sqrt{\frac{(t_в - t_н) n m z T}{\lambda(A_и + \rho(A_{тр} + A_м))}}. \quad (6)$$

Из анализа полученной математической модели можно сделать вывод, что параметр энергопотребления ($E_c = A_и + \rho(A_{тр} + A_м)$) влияет на значение энергетически оптимального значения термического сопротивления $R_{опт}$ в большей степени, чем величина градусо-суток ($DD = (t_в - t_н)z$).

Результаты расчетов.

Примеры расчета с использованием данной математической модели представлены в табл. 1. В качестве примера был произведен подбор оптимальной толщины утеплителя из каменной ваты ROCKWOOL ЛАЙТ БАТТС для восьми городов РФ с использованием двух видов несущих слоев ограждающей конструкции (стены): газобетон (толщиной 0,2 м с коэффициентом теплопроводности λ = 0,096 Вт/(м·°С)) и кирпич (толщиной 0,250 м с коэффициентом теплопроводности λ = 0,47 Вт/(м·°С)). При сроке службы конструкции равном 50 лет.

Таким образом, подобрав исходя из конструктивных соображений постоянные слои ограждающей конструкции здания с их известными параметрами (толщина слоя, коэффициент теплопроводности), можно рассчитать оптимальную толщину выбранного теплоизоляционного материала.

Таблица 1. Результаты расчета

Город	$R_н$, $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$.	$R_{опт}$, $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$	ΔR, %	Толщина утеплителя при конструкции из	
				газобетона, м	кирпича, м
Санкт-Петербург	3,056	3,820	20,0	0,065	0,128
Москва	3,062	3,827	20,2	0,065	0,129
Ростов-на-Дону	2,629	3,291	20,1	0,043	0,107
Пятигорск	2,677	3,353	20,2	0,046	0,109
Нижний Новгород	3,276	4,065	19,4	0,075	0,138
Новосибирск	3,640	4,443	18,0	0,090	0,154
Хабаровск	3,569	4,371	18,3	0,087	0,151
Екатеринбург	3,433	4,231	18,9	0,082	0,145

Выводы.

1. Минусом полученной модели является то, что для произведения расчетов с ее использованием необходимы данные, которые иногда не имеют публичного доступа.

2. Однако определение величины термического сопротивления через потребление энергии может служить более объективным критерием оценки, при сравнении уровня тепловой защиты зданий в разных странах и регионах, поскольку рассчитанное таким образом оно не зависит от экономической ситуации в регионе.

3. Использование данного подхода позволяет оценить величину экономии с помощью количества энергии как физической величины, что также служит объективной оценкой, поскольку физическая величина не зависит от уровня экономики в регионе и иных факторов.

4. Главным преимуществом такого подхода является возможность улучшить процессы преобразования первичной энергии и снизить ее расход на изготовление единицы конечного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилевский Л.Н., Данилевский С.Л. Алгоритм и точность определения теплотехнических показателей зданий // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 5(73). С. 49–61.

2. Стаценко Е.А., Островая А.Ф., Мусорина Т.А., Куколев М.И., Петриченко М.Р. Простая модель теплоустойчивой ограждающей конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 86–91.

3. Ozel M. Thermal performance and optimum insulation thickness of building walls with different structure materials // Applied Thermal Engineering. 2011. Vol. 31. Pp. 3854–3863.

4. Gabbar H.A., Musharavati F., Pokharel S. System Approach for Building Energy Conservation // Energy Procedia. 6th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-14 System. 2014. Vol. Pp. 666–675.

5. Shao B., Liu X. Calculation of Energy Saving Based on Building Engineering // International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications. 2020. Pp. 837–844.

6. Горшков А.С., Соколов Н.А. Несоответствие российских и международных стандартов при определении расчетных значений теплопроводности строительных материалов и изделий // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 7 (42). С. 7–14.

7. Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2 (2). С. 50–53.

8. Аверьянова О.В. Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 5 (23). С. 53–59.

УДК 69.001.5

Е.И. Лаушкина, А.Р. Кузьминых, М.В. Петроченко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО СТАНДАРТУ GREEN ZOOM

В настоящее время все чаще инвесторы и покупатели в сфере жилищного строительства предпочитают более комфортное жилье. Энергоэффективность приносит не только экономию энергии, но повышает комфорт проживания. При осуществлении строительной деятельности происходят изменения ландшафта, морфологии почв, образование большого количества отходов, нарушение гидрологических условий, использование транспорта, который выбрасывают в атмосферу вредные вещества, не экологичное производство строительной продукции, использование токсичных материалов и другие неблагоприятные последствия [1]. Далее, в процессе эксплуатации зданий происходит не рациональное потребление энергоресурсов. Поэтому использование «зеленых» технологий становится все актуальней.

Справиться с упомянутыми проблемами на территории нашей страны помогает Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г. Он постоянно претерпевает поправки и дополнения, это подтверждение того, что вопросам экономии энергии и энергетических ресурсов в нашей стране уделяется самое пристальное внимание [2]. За последние 9 лет в этот федеральный закон 36 раз вносились изменения.

В другом нормативном документе, Приказ Минстрой № 1550/пр «Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» от 17.11.2017 г., обозначено следующее требование: для нового строительства удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию уменьшается: с 1 января 2023 г. – на 40 %; с 1 января 2028 г. – на 50 %.

Также, с 1 января 2023 года, рекомендуется устанавливать в инженерные системы зданий, строений, сооружений возобновляемые и альтернативные источники энергии и вторичных энергоресурсов, при этом обеспечивая удельное поступление энергетических ресурсов от указанных источников не менее: с 1 января 2023 г. – 10 кВт·ч/м^2 в год; с 1 января 2028 г. – 20 кВт·ч/м^2 в год.

На данный момент последнее имеет рекомендательный характер, но довольно часто подобные рекомендации становятся обязательными требованиями.

В период предпроектного этапа, при разработки технико-экономических обоснований, при оценке эффективности и целесообразности принятия решений при проектировании и возведении здания в современном строительстве немаловажную роль играют стандарты, в которых обозначены мероприятия, позволяющие повысить уровень экологичности, энергоэффективности и водоэффективности зданий. Одним из таких стандартов является GREEN ZOOM [3].

GREEN ZOOM сочетает в себе две функции.

Первая функция GREEN ZOOM – это инструмент современной проектно-строительной практики, который повышает энергоэффективность, водоэффективность и экологичность любого девелоперского проекта.

Вторая функция GREEN ZOOM – это система оценки энергоэффективности и экологичности проектируемых и построенных зданий [4].

Он включает в себя 48 различных мероприятий, которые разделены на 8 разделов:

1. Расположение застраиваемой территории и организация транспортного обеспечения (6 баллов).

2. Экологическая устойчивость застраиваемой территории (13 баллов).
3. Водоэффективность (10 баллов).
4. Энергоэффективность и снижение вредных выбросов в атмосферу (20 баллов).
5. Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами (10 баллов).
6. Экология внутренней среды зданий (23 балла).
7. Инновации (7 баллов).
8. Региональные особенности (1 балл).

Максимальное количество балов равняется 90. Исходя из набранных баллов можно получить один из 4-х сертификатов: бронзовый от 35 баллов, серебряный от 45 баллов, золотой от 55 баллов или платиновый от 70 баллов.

Первый сертифицированный объект – бизнес центр класса А «Eightedges», ООО «Леорса Эйджeнси», 1 февраля 2015 г. Он получил платиновый сертификат, набрав 70 баллов, 36% эффективности.

Первая версия стандарта GREEN ZOOM была выпущена в 2014 и на данный момент сертифицировано уже более 50 объектов.

Цели и задачи работы. В данной работе описан алгоритм создания «калькулятора» на базе программы Microsoft Exel для оценки жилого здания по стандарту GREEN ZOOM, которые реализует возможность осуществления вариации различных энергоэффективных решений и расчет их укрупненной стоимости в зависимости от базовых исходных данных проекта.

Цель – создания инструмента для оценки энергоэффективности проекта по стандарту GREEN ZOOM на стадии технико-экономического обоснования.

Задачи следующие:

1. Разработка алгоритма расчета балльной оценки объекта капитального строительства в соответствии с параметрами стандарта GREEN ZOOM на основе базовых проектных данных.
2. Создание «калькулятора» для оценки энергоэффективности проекта с использованием Microsoft Exel.
3. Сформулировать требования к техническому заданию и сведениям для возможности осуществления оценки по стандарту GREEN ZOOM.

Для решения поставленных задач изначально необходимо определить общую модель работы инструмента оценки. Она представлена на рис. 1.

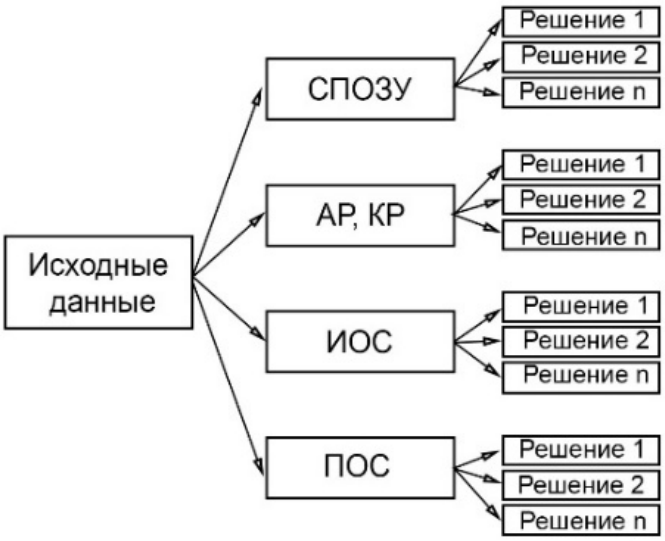


Рис. 1. Модель инструмента оценки

Все мероприятия стандарта можно разбить на несколько блоков в зависимости от целей мероприятия, а именно:

- Схема планировочной организации земельного участка (СПОЗУ) – мероприятия, проводимые в отношении земельного участка и окружением объекта строительства.
- Архитектурные решения, конструктивные решения (АР, КР) – мероприятия, относящиеся непосредственно к конструктивные и архитектурные решения здания.
- Инженерное оборудование и системы (ИОС) – мероприятия, проводимые в отношении инженерных систем и оборудования.
- Проект организации строительства (ПОС) – мероприятия, относящиеся к процессу возведения здания.

Также важно определить конкретные исходные данные для каждого из мероприятия для каждого блока.

В результате, получить несколько энергоэффективных вариантов решений и их стоимость, удовлетворяющих требования стандарта.

В качестве примера, в работе рассмотрены два мероприятия стандарта (блок СПОЗУ), второй раздел стандарта «Экологическая устойчивость застраиваемой территории»:

- «Защита и восстановление растительности».
- «Организация общественного пространства».

Максимальное количество баллов по каждому из мероприятий равняется двум.

Мероприятие «Защита и восстановление растительности» предполагает выполнение следующих требований:

- применение асфальтового покрытия исключительно в зоне дорожного полотна;
- в зоне наземной автомобильной парковки применять водопроницаемые покрытия;
- в остальных случаях применять следующие типы покрытий: газонные, тротуарная плитка, георешетки;
- предусмотреть озеленение территории местными видами растений или видами, адаптированными к климатическим условиям данной территории, при этом обеспечить процент озеленения земельного участка: более 30% (начисляется 1 балл), более 35% (начисляется 2 балла).

Работа выполнялась с использованием Microsoft Exel. Для осуществления расчета, необходимы такие базовые исходные данные как: площадь парковки, дорожек и тротуаров, озеленения и самого земельного участка. Они вносятся в отдельную таблицу. На рис. 2 показан общий вид «калькулятора».

Таблица расчета состоит из столбцов:

1. № п/п – порядковый номер строки таблицы.
2. № ПР – номер мероприятия в соответствие с стандартом GREEN ZOOM.
3. Название требования – названия мероприятия стандарта.
4. Требование мероприятия – краткое описание требований мероприятий
5. НС – балл который начисляется в случае выполнения мероприятия.
6. Вариант исполнения – название решения, которое соответствует требованиям.
7. Выбранный вариант ☑ или □ – столбец с расположением элемента управления «Checkbox» («Флажок»).
8. Ед. изм – единицы измерения вариантов исполнения.
9. Стоимость единицы, руб. – стоимость единицы варианта исполнения, выраженная в рублях.
10. Общая стоимость, руб. – общая стоимость варианта исполнения, выраженная в рублях.
11. Разница по отношению к стандартному решению, % – производится автоматический расчет разности стоимости применения стандартного решения и энергоэффективного.
12. Начисленный балл – балл, который присуждается в зависимости от выполненных/выбранных требований мероприятия.

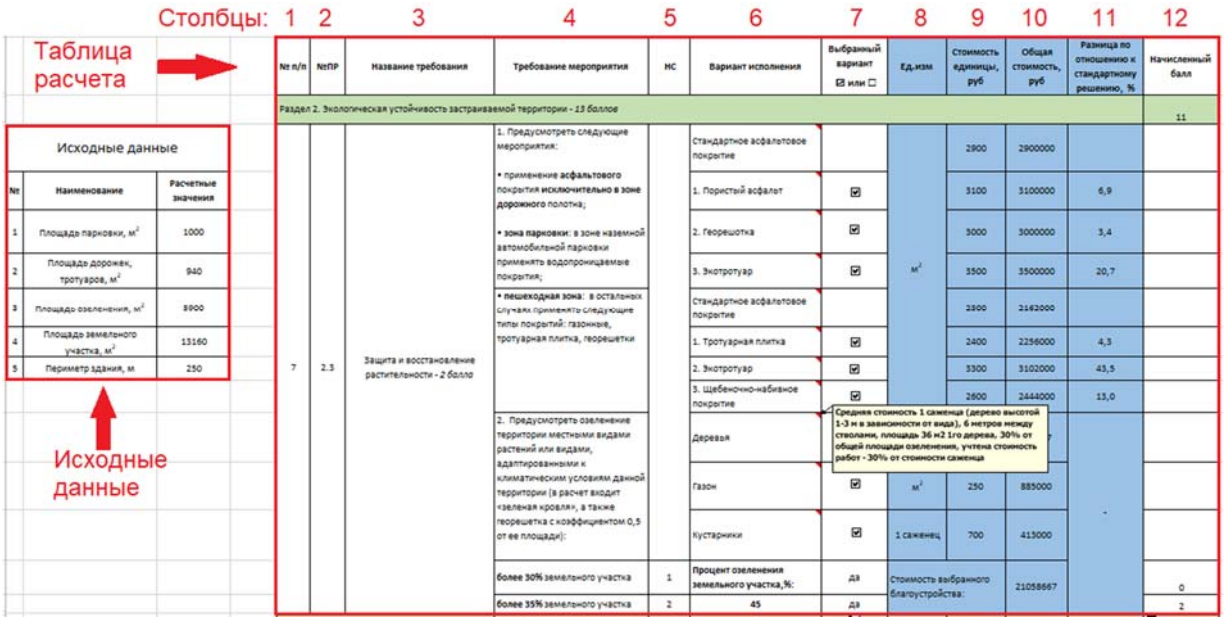


Рис. 2. Общий вид «калькулятора». Мероприятие «Защита и восстановление растительности»

Таким образом, для зоны парковки предложены решения: пористый асфальт, георешотка, экотротуар. Для пешеходной зоны тротуарная плитка экотротуар и щебеночно-набивное покрытие.

При наведении на вариант исполнения высвечивается примечание, в котором описаны пироги покрытий, информация о учете работ по устройству покрытия и другие пояснения.

Пользователь «калькулятора» только нажимает на «Checkbox», тем самым выбирая тот или иной вариант.

В зависимости от введенных исходных данных и выбранных вариантов производится автоматический расчет стоимости решения в столбцах 10 и 11.

В расчете указана стоимость единицы варианта исполнения, которая определяется по итогу мониторинга рынка и усреднения найденных цен на покрытие или элемент озеленения. Необходимо учитывать также работу по устройству варианта исполнения.

В столбце 11 производится автоматический расчет разницы в стоимости применения энергоэффективного решения по отношению к стандартному решению, выраженная в %. Например, применение пористого асфальта в зоне парковки, вместо стандартного асфальта, дороже на 6,9%.

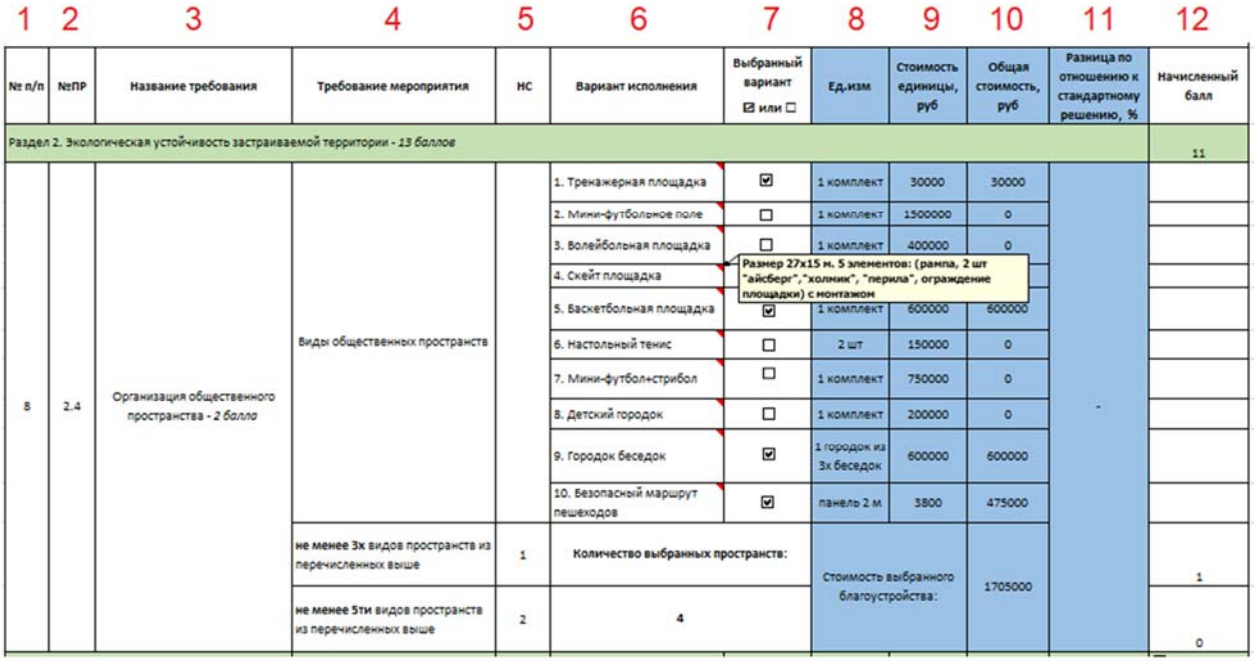
Также в конце столбцов 8–11 суммируются затраты на выбранное благоустройство.

Далее вычисляется процент озеленения участка (столбец 6, последняя ячейка) и в зависимости от этого начисляется бал, который отображается в последнем столбце.

Мероприятие «Организация общественного пространства» предполагает выполнение следующих требований:

– Использовать в благоустройстве территории следующие виды общественных пространств для реализации различных видов деятельности и отдыха: безопасный маршрут для пеших прогулок, спортивные площадки, места для проведения культурных мероприятий, зоны отдыха и различных видов досуга для всех возрастных групп пользователей, зона барбекю и другие.
– Применять в качестве покрытия для площадок экологичные материалы.
– Реализовать выполнение предыдущих условий и использовать: не менее 3-х видов предложенных либо аналогичных пространств (начисляется 1 балл); не менее пяти видов пространств (начисляется 2 балла).

Алгоритм расчета и структура мероприятия аналогичны уже ранее рассмотренному, вид «калькулятора» представлен на рис. 3. Но есть несколько отличий.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ п/п	№ПР	Название требования	Требование мероприятия	НС	Вариант исполнения	Выбранный вариант ☑ или ☐	Ед.изм	Стоимость единицы, руб	Общая стоимость, руб	Разница по отношению к стандартному решению, %	Начисленный балл
Раздел 2. Экологическая устойчивость застраиваемой территории - *13 баллов*											11
8	2.4	Организация общественного пространства - *2 балла*	Виды общественных пространств		1. Тренажерная площадка	☑	1 комплект	30000	30000	-	
					2. Мини-футбольное поле	☐	1 комплект	1500000	0		
					3. Волейбольная площадка	☐	1 комплект	400000	0		
					4. Скейт площадка						
					5. Баскетбольная площадка	☑	1 комплект	600000	600000		
					6. Настольный теннис	☐	2 шт	150000	0		
					7. Мини-футбол+стрибол	☐	1 комплект	750000	0		
					8. Детский городок	☐	1 комплект	200000	0		
					9. Городок беседок	☑	1 городок из 3х беседок	600000	600000		
					10. Безопасный маршрут пешеходов	☑	панель 2 м	3800	475000		
			не менее 3х видов пространств из перечисленных выше	1	Количество выбранных пространств:		Стоимость выбранного благоустройства:		1705000		1
			не менее 5ти видов пространств из перечисленных выше	2	4						0

Размер 27х15 м. 5 элементов: (рампа, 2 шт "айсберг","холмик", "перила", ограждение площадки) с монтажом

Рис. 3. Общий вид «калькулятора». Мероприятие «Организация общественного пространства»

Во-первых, необходим еще один параметр исходных данных – периметр здания, для расчета безопасного маршрута. Периметр здания равен длине маршрута движения пешеходов из условия, что как правило, проезд машин устраивается вокруг дома.

В столбце вариант исполнения, в отличие от рассмотренного мероприятия, представлены различные виды малых архитектурных форм: тренажерная площадка, мини-футбольное поле, волейбольная площадка, скейт-площадка, баскетбольная площадка, настольный теннис, мини-футбол+стрибол, детский городок, городок беседок, безопасный маршрут пешеходов.

В конце 6 и 7 столбцов ведется автоматический подсчет количества выбранных малых архитектурных форм и их стоимость.

Стоимость единицы определена по итогу мониторинга рынка и усреднению цен. Учтена стоимость монтажа.

Автоматически, в зависимости от количества выбранных вариантов начисляется балл, который отображается в последнем столбце.

После подобной проработки других мероприятий стандарта, можно просуммировать набранное количество баллов и определить сертификат какого статуса сертификат можно получить, при выполнении всех выбранных энергоэффективных решений, приблизительно узнать сколько необходимо вложить денежных средств.

Выводы. В настоящее время все более остро поднимаются вопросы о снижении потребления энергоресурсов. В ходе принятия решений по стандарту GREEN ZOOM себестоимость строительства возрастает на 10–15 %, но в процессе эксплуатации энергопотребление и стоимость коммунальных услуг снижается на 20–30 %. «Калькулятор» GREEN ZOOM является инструментом при подготовке технико-экономических обоснований; анализе целесообразности и эффективности проектирования и строительства на предпроектной стадии. Также, он поможет оценить инвестиционную привлекательность объекта недвижимости на начальном этапе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратенко Т.О., Сайбель А.В. Оценка воздействия строительного производства на окружающую среду // Инженерный вестник Дона. 2012.

2. Васильева И.Л., Немова Д.В. Энергоэффективные материалы нового поколения в строительстве // Экология и строительство. 2018. № 4. С. 18–24. doi: 10.24411/2413-8452-2018-10016.

3. Сухинина Е.А. Сравнение экологических стандартов СТО НОСТРОЙ 2.35.4 – 2011, ГОСТ Р 54964 – 2012, GREEN ZOOM // Градостроительство и архитектура. 2019. № 2 (35). С. 96–103. doi: 10.17673/Vestnik.2019.02.13.

4. GREEN ZOOM «Практические рекомендации по снижению энергоемкости и повышению экологичности объектов гражданского и промышленного строительства». Книга 1. Часть 2. – АНО «НИИУРС», 2019. – 52 с.

УДК 620

А. Алджамил
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА ГАБАГЕБ В СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Сирийская Арабская Республика переживает сложный исторический период и правительство делает все для сохранения своего суверенитета. Восстановление национального хозяйства, его социально-экономическое развитие нуждается в новом устойчивом, безопасном и эффективном энергетическом секторе экономики. В настоящее время Сирия зависит от топлива, импортируемого из областей, которые являются политически нестабильными, по высоким ценам и непредсказуемыми в будущем [1].

Целью работы является оценка экономического потенциала ветроэнергетики в районе Габагеб и поиск оптимального типа ВЭУ для данного региона.

Габагеб является одним из наиболее перспективных районов для развития ветроэнергетики. Электроэнергия, производимая на ВЭС, будет поставляться для энергообеспечения тысяч домов, расположенных в деревнях Габагеб, Алакин, Манакт, Санамин, Джабаб, Камуна и сотен предприятий на окраине международной автомобильной дороги Дамаск – Дараа.

Различные исследования показывают, что оставшиеся запасы нефти и газа ограничены (рис. 1 и 2), а большинство месторождения относятся к трудноизвлекаемым. Решение энергетических проблем Сирии возможно при крупномасштабном развитии возобновляемой энергетики (прежде всего солнечной и ветровой).

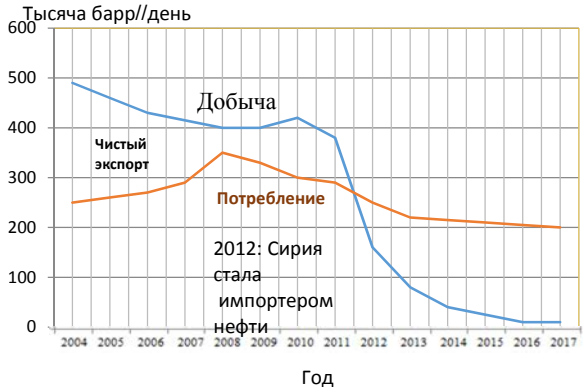


Рис. 1. Добыча нефти за период 2004–2017 гг.

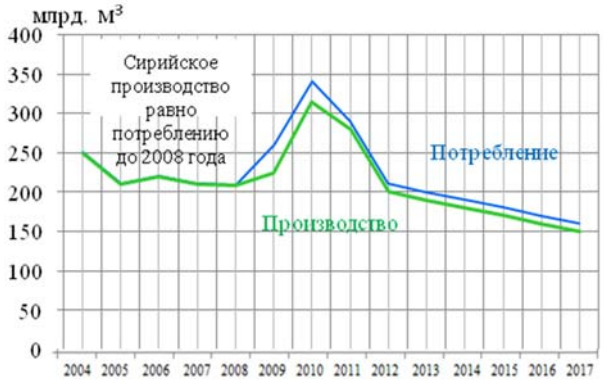


Рис. 2. Добыча природного газа за период 2004–2017 гг.

Второй вклад в эту работу заключается в том, что в последние годы дискуссия о сокращении вариантов производства полезной энергии в Сирии усилилась. Поэтому

продолжение исследований других возобновляемых источников энергии в Сирии, таких как энергия ветра, имеет большое значение.

В процессе выбора лучшего типа ВЭУ необходимо учитывать множество факторов (природных, технических, экономических и др.). Каждый тип ВЭУ характеризуется множеством технических параметров и характеристик (параметры ветроколеса, высота расположения оси ветроколеса, диапазон рабочих скоростей, рабочая характеристика ВЭУ и др.). В результате многовариантных расчетов на ЭВМ, проведенных авторами, были рассчитаны три ключевых показателя для всех рассмотренных типах ВЭУ: 1) количество электроэнергии, производимой ежегодно; 2) коэффициент мощности ВЭУ; 3) стоимость генерируемой ВЭУ электроэнергии.

Данные ветра, использованные в этом исследовании, были собраны Национальным центром энергетических исследований в Сирии. Ветровой режим над территорией Сирии изучен в многолетнем разрезе, созданы соответствующие базы данных. Имеются характерные особенности сезонных колебаний (средняя скорость ветра летом выше, чем зимой). На рис. 3 показана роза ветров и эмпирическая дифференциальная функция распределения скоростей ветра.

Для показанного распределения подобрано теоретическое распределение Вейбулла-Гудрича. Средняя скорость ветра на высоте наблюдений составляет – 7,3 м/с, а параметры распределения: c = 8,29, k = 2,11. Средняя годовая удельная энергия, которой обладает ветровой поток, составляет $E_В$ = 3855,3 кВт.ч/м^2 в год. Математическое ожидание удельной мощности ветрового потока $M[P]$ = 440,1 Вт/м^2.

В данном исследовании использованы 15 типов ВЭУ от большинства ведущих мировых производителей ветровых турбин. На рис. 4 показаны рабочие характеристики ВЭУ, которые использованы в расчетах [2, 3].

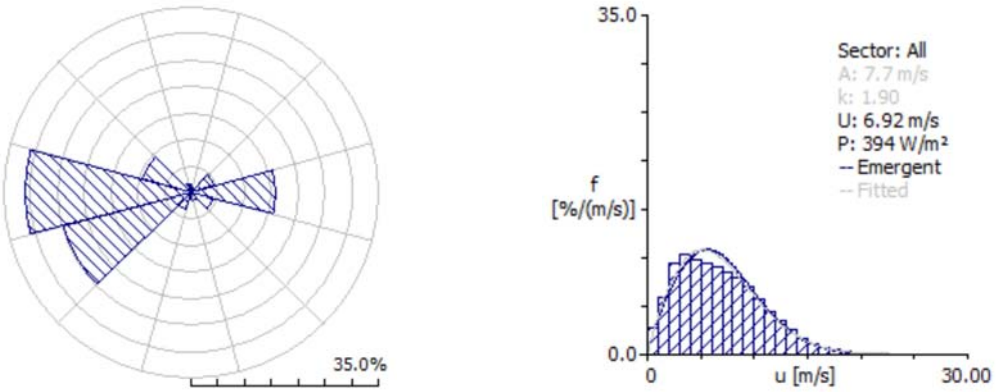


Рис. 3. Наблюдаемый ветровой режим и роза ветров
в регионе Габагеб (высота наблюдений 40 м)

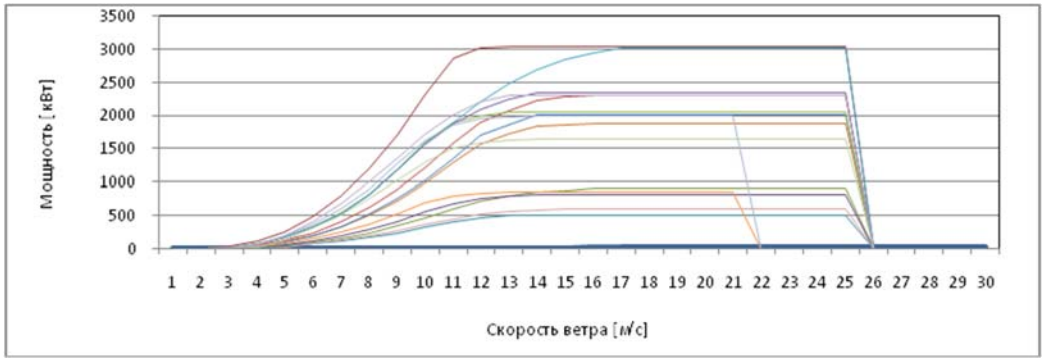


Рис. 4. Рабочие характеристики ВЭУ разных типов, которые использованы в исследовании

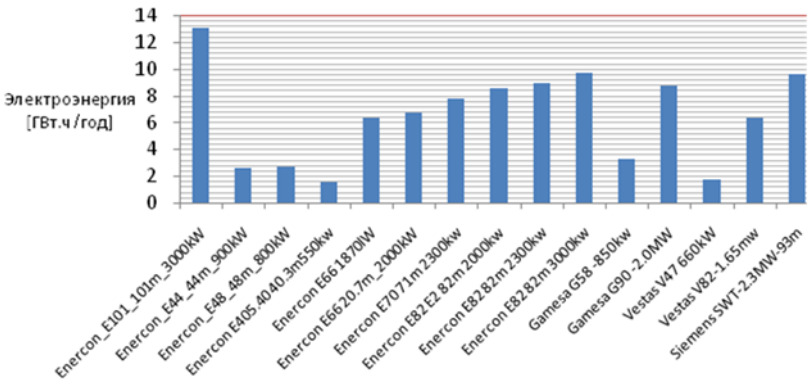


Рис. 5. Годовая выработка энергии для рассмотренных типов ВЭУ

Выражение среднегодовой вырабатываемой электроэнергии можно записать в виде [4]:

$$E_{\Gamma}^{WPU} = N_{CP}^{WPU} T = N_{У}^{WPU} T_{И} = \theta N_{У}^{WPU} T,$$

где N_{CP}^{WPU} – среднегодовая мощность ВЭУ, $N_{У}^{WPU}$ – установленная мощность ВЭУ, θ – коэффициент использования установленной мощности, T, $T_{И}$ – число часов в году и число часов использования установленной мощности ВЭУ.

Вычисления выполнены авторами по рабочим характеристикам ВЭУ и функциям повторяемости скоростей ветра на высоте оси ветроколеса. На рис. 5 представлены результаты расчета выработки электроэнергии для рассмотренных типов ВЭУ. Наибольшая годовая выработка энергии в регионе Габагеб имеет место при использовании ВЭУ Enercon_E101_101m_3000kW и составляет примерно 13 ГВт.ч в год для репрезентативного года.

Коэффициент использования установленной мощности ВЭУ показывает насколько эффективно используется эта мощность. Для его определения справедливо соотношение [4, 5]: $\theta = E_{\Gamma}^{WPU} / N_{У}^{WPU} T$.

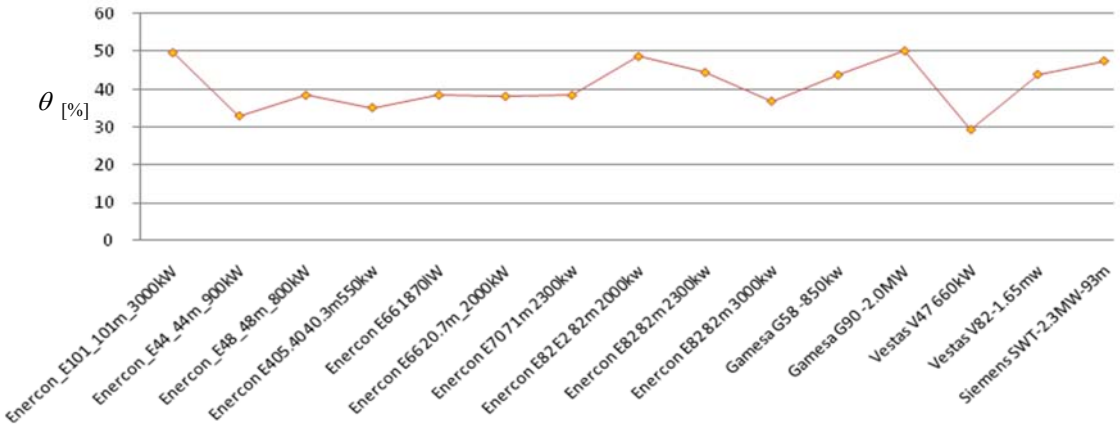


Рис. 6. Коэффициенты использования установленной мощности для рассмотренных типов ВЭУ

Как следует из рис. 6, самый высокий коэффициент использования установленной мощности имеет ВЭУ Gamesa_G90_2.0MW (0.5), самый низкий – Vestas V47 660kW (0.3).

Стоимость производства электроэнергии z – определяет удельные затраты на производство 1 кВт.ч произведенной электроэнергии. Этот показатель рассчитывается путем дисконтирования капитальных вложений в ВЭУ (ВЭС) и издержек на эксплуатацию и техническое обслуживание в течение срока службы с последующим делением на годовой объем произведенной электроэнергии. Для этого показателя справедливо выражение [4]:

$$z = \frac{K^{WPU} \cdot CRF(d, T_L) + U_{ЭК}{}^{WPU}}{E_{Г}{}^{WPU}}, \quad CRF(d, T_L) = \frac{d}{1-(1+d)^{-T_L}},$$

где z – цена производства электроэнергии на ВЭУ, K^{WPU} – капитальные затраты на систему, 460 € /м^2+ 10 % от стоимости турбины (транспортные расходы, установка, подключение к сети и другие расходы) [3], CRF – коэффициент возврата капитала, d – ставка дисконтирования, по оценкам EWEA, составляет 7,5% [5], T_L – экономический срок службы ВЭУ, $U_{ЭК}{}^{WPU}$ – издержки эксплуатации ВЭУ, с€/кВтч, $E_Г{}^{WPU}$ – среднегодовая выработка электроэнергии ВЭУ. Стоимость энергии может быть использована для оценки экономической целесообразности установки определенного типа ВЭУ. Если z выше, чем цена продажи электроэнергии, строительство не представляется возможным. Текущая цена продажи электроэнергии в Сирии составляет около 8 с€/кВт.ч [1].

На рис. 7 показаны результаты расчета стоимости производства электроэнергии разными типами ВЭУ. ВЭУ Enercon E66 20.7m_2000kW и Enercon_E70_71m_2300kW по расчетам авторов имеют наименьшую среднюю стоимость производства электроэнергии, а Vestas V47 660kW производит самую дорогую электроэнергию в регионе Габагеб.

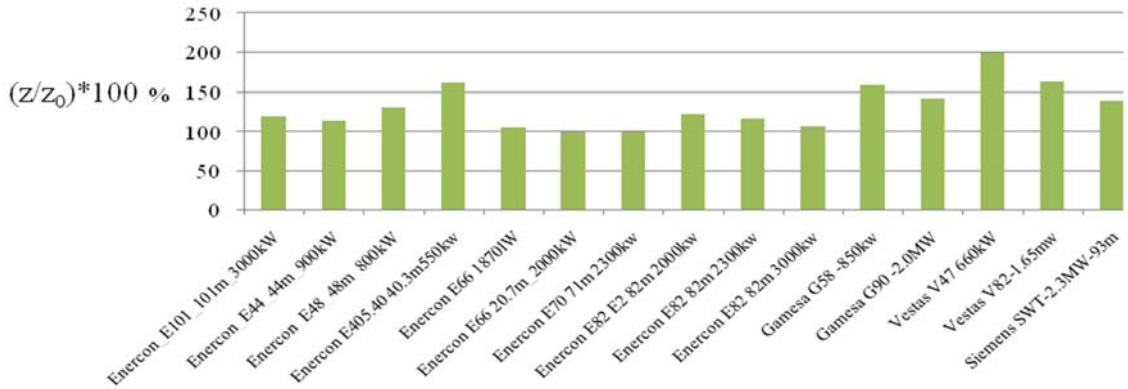


Рис. 7. Относительная стоимость производства электроэнергии для рассмотренных типов ВЭУ, $(z/z_0)\cdot 100$

На рис. 7 z, z_0 – стоимости производства электроэнергии конкретной и лучшей ВЭУ, с€/кВт.ч

В Enercon E66 20.7m_2000kW и Enercon E70 71m 2300kW при расположении оси рабочего колеса ВЭУ на высоте 66 м и 71 м соответственно обеспечивают самую низкую среднюю стоимость производства электроэнергии. Но ВЭУ Enercon E70 71m 2300kW лучше, потому что она производит больше электроэнергии за год – 7,735 ГВт.ч, в то время как турбина Enercon E66 20.7m_2000kW производит только 6,677. Число часов использования установленной мощности ВЭУ в этом варианте равно $T_И$ = 3363, а простой срок окупаемости инвестиций составит $T_{ОК}$ = 3,3 года.

На территории Габагеб (1,84 км^2) можно разместить 18 ВЭУ-2300kW = 41.4 МВт. Средняя годовая выработка электроэнергии ВЭС «Габагеб» составит 139 ГВт.ч за год. За время эксплуатации ВЭС будет произведено около 2788 ГВтч электроэнергии, что позволит сэкономить около 0,7 млн. т н.э.

Выводы.

Повышение роли возобновляемой энергетики в Сирии должно привести к большей стабильности и эффективности энергетического хозяйства и, следовательно, положительно скажется на экологии и развитии экономики.

Сирия является перспективным регионом для развития ветроэнергетики. Для этого САР обладает необходимыми ресурсами, поддержкой со стороны Правительства и общественности.

Работа выполнена под руководством профессора Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Инженерно-строительного института СПбПУ Петра Великого, д.т.н. Сидоренко Г.И.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годовой статистический отчет 2016 [Электронный ресурс]: Министерство электроэнергетики, Главное управление по передаче электроэнергии, Электрон. данные. – Режим доступа: http://www.pete.gov.sy/.

2. Helgason, K., 2012. Selecting optimum location and type of wind turbines in Iceland (Doctoral dissertation).

3. EWEA. (2009a). Wind Energy – The Facts, Volume 2, Costs & Prices. Available from http://www.ewea.org.

4. Sidorenko GI.,AL JAMIL Ahmad. Method of assessing the economic potential of wind energy in the region (case study Syria). Journal of Physics: Conference Series. 2018, Sep (Vol. 1087, No. 2, p. 022016). IOP Publishing.

5. Безруких, П.П., Арбузов, Ю.Д. and Борисов, Г.А. 2002. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. – СПб.: Наука.

УДК 621.311.24

С.Г. Петров, А.А. Панфилов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОДУЛЬНЫХ ВЕТРОЭЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК АРКТИЧЕСКОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Цель работы – разработать конструктивно-технологические принципы проектирования ветроэлектрической установки, эксплуатируемой в арктических регионах РФ.

Более 30% территории Российской Федерации относится к арктической зоне, территории который характеризуются слаборазвитой инфраструктурой, ограниченной транспортной логистикой и суровыми климатическими условиями эксплуатации оборудования [1]. В то же время эти регионы имеют высокий ветроэнергетический потенциал для создания ветродизельных электростанций для энергоснабжения потребителей [2, 3]. В СПбПУ разработаны научно-технические, конструктивно-технологические, материаловедческие принципы создания модульной ветроэнергетической установки (ВЭУ) мощностью до 100 кВт. В статье рассмотрены особенности создания опорной конструкции ВЭУ с учетом адаптации к климату Крайнего Севера. Предложено конструктивное и компоновочное решение модульного фундамента. Проведена проверка параметров фундамента по напряженно-деформированному. Выполнены предварительные расчеты.

Особенности создания опорной конструкции модульной арктической ВЭУ. Проектирование ВЭУ для арктической зоны РФ это сложный, многоэтапный процесс. Этапы проектирования опорных конструкций ВЭУ представлены в виде блок-схемы (рис. 1). Практически на всех этапах выбора основных параметров и принятии конструктивных решений большое влияние оказывают факторы, характерные для суровых арктических условий. В блоке «Нагрузки, действующие на ветроэлектрический агрегат (ВЭА)» учитывают плотность холодного воздуха, увеличение массы элементов ВЭУ за счёт обледенения её основных элементов, особенно увеличения дисбалансов нагрузок от вращения покрытых изморозью подвижных элементов [4].

В блоке принятия конструктивно-технологических решений учитывают фактор доставки элементов (модулей) ВЭУ до удалённых уголков со слаборазвитой транспортной инфраструктурой.



Рис. 1. Блок-схема этапов выбора основных параметров опорных конструкций ВЭУ

Таким образом, массогабаритные характеристики опорной конструкции обеспечивают возможность выполнения строительно-монтажных работ с использованием самоподъёмного механизма или с применением крана грузоподъёмностью не более 50 т. При этом выполняются условия безопасного монтажа, эксплуатации и обслуживания конструкции ВЭУ. Применяются специальные типы низколегированных сталей с повышенными показателями работоспособности для холодного климата (09Г2, 09Г2С, 09Г2СД, 14Г2АФ, 16Г2АФ) [5].

Особенности конструкции башни модульной арктической ВЭУ.

Основными типами башен ВЭУ являются решетчатые, железобетонные, стальные секционные и гибридные. Башни ВЭУ, возводимые в северных регионах, имеют следующие особенности:

- минимально возможная площадь поверхности для сведения к минимуму обледенения;
- модульный (секционный) принцип для удобства доставки и монтажа;
- минимально возможная масса при сохранении несущей способности;
- максимальная защищенность основных узлов (болтовых соединений, системы передачи мощности и информации) от внешних воздействий;

Для арктической ВЭУ рекомендуется использовать стальную трубчатую башню, имеющую оптимальный вес при сохранении несущей способности, состоящую из нескольких модулей, что позволяет легко осуществить транспортировку, а при монтаже использовать малогабаритные краны [6].

Системы подъема и монтажа ВЭУ.

Анализ научно-технической и патентной документации позволяет выделить следующие технологии монтажа башен ВЭУ средней мощности высотой до 35 метров:

- крановый монтаж;
- бескрановый монтаж.

Бескрановый монтаж для суровых климатических условий является предпочтительным и, в свою очередь, делится на:

- технология телескопирования;
- технология подъёма готовой конструкции;
- технология подвижной траверсы.

Технология телескопирования. Сущность технологии (рис. 2) состоит в монтаже башни путем подъема вложенных друг в друга секций, причем базовая (нижняя) секция закрепляется на фундаменте. В начале процесса на верхний торец внутренней секции, несколько приподнятой над остальными, выполняется закрепление ротора ВЭУ с лопастями. Подобная технология является самой перспективной для применения в суровых климатических условиях, так как позволяет транспортировать башню с собранном виде (секции вложены одна в другую) и осуществлять монтаж без крана с большим вылетом стрелы, осуществлять подъём конструкции любым из известных способов: гидравлическим, пневматическим, механическим.

Технология подъёма готовой конструкции ВЭУ. Сущность технологии возведения ВЭУ готовой конструкции заключается в подъёме готовой, собранной в горизонтальном положении конструкции ВЭУ. Подъём такой конструкции может осуществляться с помощью балки-рычага (рис. 3) или с помощью гидравлических цилиндров (рис. 4). Технология состоит в монтаже конструкции ВЭУ на земле и закреплении нижнего торца башни через плоский шарнир к фундаменту. При использовании балки-рычага подъём осуществляется с помощью механизма типа лебёдка, закреплённого на основании.

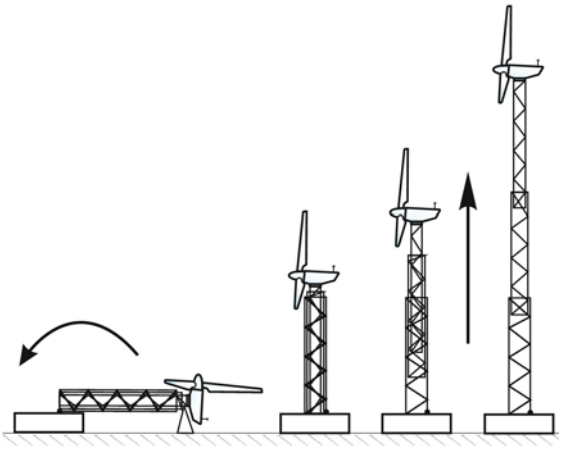


Рис. 2. Технология телескопирования

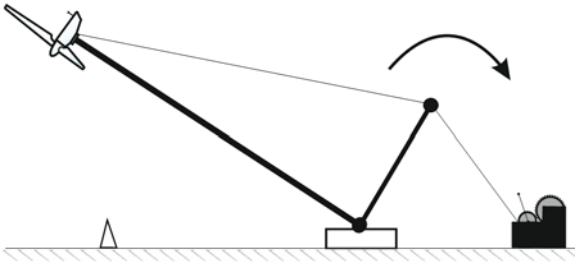


Рис. 3. Технология подъёма с помощью балки-рычага

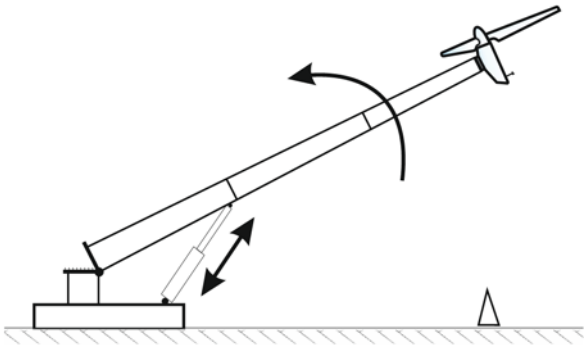


Рис. 4. Технология подъёма с помощью гидропривода

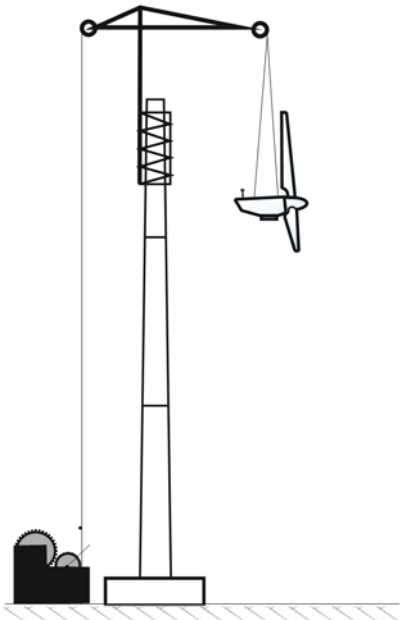


Рис. 5. Технология подъёма с помощью балки-рычага

При применении гидроцилиндров подъём собранной в горизонтальной плоскости ВЭУ осуществляется постепенным нагнетанием давления рабочей жидкости в цилиндрах до установки конструкции в вертикальное положение с последующим закреплением с помощью болтовых соединений.

Технология подвижной траверсы. Суть технология подъёма с помощью подвижной траверсы заключается в наличии специальной конструкции башни, позволяющей перемещать по специальным направляющим траверсу с подъёмным механизмом (рис. 5). Первая секция башни ВЭУ возводится краном с небольшим вылетом стрелы, а последующие секции и сам агрегат с помощью траверсы, которая перемещается вверх по конструкции с помощью лебёдочного механизма. Эта технология позволяет возводить длинномерные элементы ВЭУ без применения крана с большим вылетом стрелы, но требует специальных решений для башни и наличия траверсы нужной грузоподъёмности.

Требования к разработке фундамента арктической ВЭУ. Фундаменты для ВЭУ северного исполнения могут быть двух типов: монолитный железобетонный и свайный [7]. В НОЦ "ВИЭ" предложена конструкция модульного фундамента для арктических условий с использованием местных материалов в качестве балластной нагрузки для снижения веса и размера модулей (рис. 6). Конструкция такого фундамента сводит к минимуму бетонные и сварочные работы на строительной площадке, позволяет осуществить транспортировку в стандартных контейнерах и не требует специального оборудования для сборки и монтажа [8].

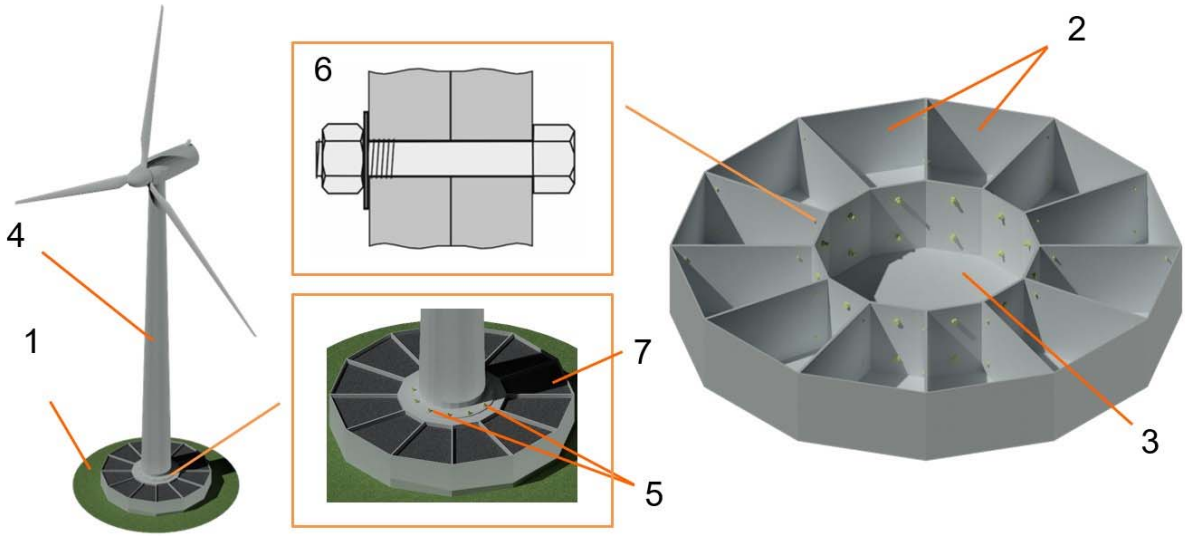


Рис. 6. Схема модульного фундамента: 1 – основание, 2 – внешние модули, 3 – центральный модуль, 4 – башня ВЭУ, 5 – анкерные болты, 6 – болтовые соединения, 7 – балластная нагрузка

Выбор основных параметров модульного фундамента. Для подбора массогабаритных характеристик фундамента используется метод многокритериальной оптимизации. Критериями выбора параметров фундамента являются высокая прочность, низкая материалоёмкость и возможность транспортировки отдельных модулей. Необходимо найти такие параметры фундамента (число модулей, толщина стенки, высота фундамента, радиус описанной окружности опорного модуля, радиус описанной окружности фундамента), которые удовлетворяют этим критериям.

Для оценки материалоёмкости используется коэффициент перегрузки $K_{пер}$, вместимость можно оценить отношением количества модулей, вмещаемых в контейнер к количеству модулей фундамента, а несущую способность конструкции можно оценить на основании расчетов в ANSYS. Выбор основных параметров фундамента был осуществлен в [9].

Оптимальный дизайн достигается методом подбора основных параметров. Наилучший вариант удовлетворяет критерию прочности при минимальной материалоёмкости ($K_{\text{пер}} \cong 1{,}0$) и наибольшему количеству модулей, размещаемых в контейнере.

Проверка фундамента по напряженно-деформированному состоянию. Подбор и расчет фундамента был проведен для ВЭУ арктического исполнения Northwind 100 Arctic, установленной мощностью 100 кВт, высотой башни 30 м и нижним радиусом 1 м. Вес ВЭУ $N_{\text{ВЭУ}} = 90$ кН, моменты $M_x = 2500$ кН · м, $M_y = 400$ кН · м.

Согласно [8] были определены оптимальные параметры модульного фундамента для Northwind 100 Arctic: число модулей – 12, толщина стенки модуля – 20 мм, высота – 1,1 м, радиус описанной окружности опорного модуля – 1,5 м, радиус описанной окружности фундамента – 3,4 м, $K_{\text{пер}}$ = 0,95, количество модулей в контейнере – 18. Выбор толщины крышки опорного кольца был проведен на основании расчета по напряженно-деформационному состоянию (рис. 7).

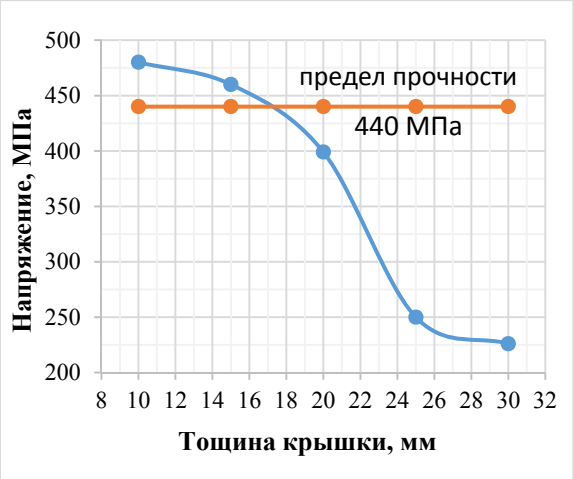


Рис. 7. Выбор толщины крышки опорного кольца

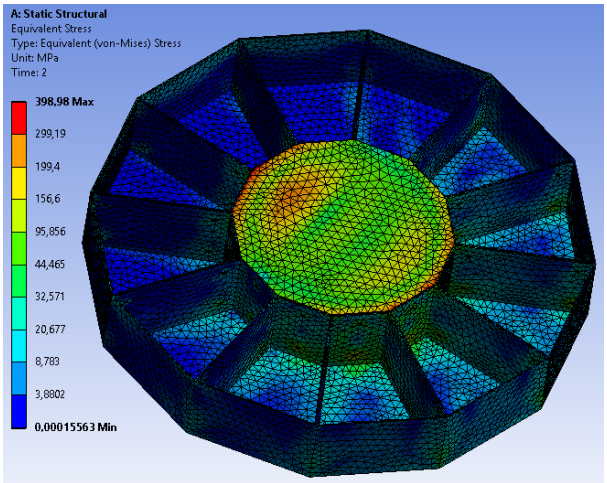


Рис. 8. Напряжения, возникающие в фундаменте, МПа

Наибольшие напряжения возникают в плоскости крышки и составляют 399 МПа (рис. 8). Предел прочности сталей 09Г2, 09Г2С, 09Г2СД равен 430–440 МПа, а для сталей 14Г2АФ, 16Г2АФ – 540–590 МПа. Таким образом, конструкция модульного фундамента для арктической ВЭУ способна выдерживать возникающие на ВЭУ нагрузки.

Выводы.

1. Разработаны особенности создания опорных конструкций арктических ВЭУ и разработана блок-схема их расчетного обоснования и проектирования.

2. Рассмотрены существующие технологии подъема и описаны принципы бескранового монтажа готовой конструкции ВЭУ.

3. Проведена проверка фундамента по напряженно-деформированному состоянию для ВЭУ Northwind 100 Arctic, показавшая, что принятая конструкция обладает несущей способностью и без разрушения воспринимает возникающие на ВЭУ нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е изд., доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 424 с.

2. Elistratov V, Denisov R 2017 Justification of wind turbine operation and management modes for Russian arctic conditions 2017 Intern. Conf. on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017.

3. Elistratov V., Kudryasheva I. Methodology of Wind-Diesel Power Complexes Parameters Justification for Decentralized Supply of Arctic Regions / 2018 International Ural conference on green energy (URALCON), pp. 127–132.

4. Elistratov V.V., Denisov R.S., Konishchev M.A., Knezhevich M. Problems of construction Wind-Diesel Power Plants in harsh climatic conditions. Journal of Applied Engineering Science, no. 1, vol. 12, pp. 29–36, 2014.

5. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: Химиздат, 2007. – 784 с. ISBN 5-93808-131-9.

6. Елистратов В.В., Панфилов А.А. Проектирование и эксплуатация установок нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ветроэлектрические установки: учебн. пособ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 115 с.

7. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Расчет фундаментов ветроэнергетических установок. Часть 1. Учебное пособие. – Изд-во СПбГТУ, 2001.

8. Елистратов В.В., Панфилов А.А., Конищев М.А., Денисов Р.С., Модульный фундамент ветроэлектрической установки: патент на полезную модель RUS 167022 02.06.2016.

9. Петров С.Г. Обоснование основных параметров фундамента ветроэлектрической установки в арктических условиях. В сборнике: Неделя науки СПбПУ Материалы научной конференции с международным участием. Лучшие доклады. – 2018. – С. 3–7.

УДК 624.046.3

В.В. Лалин, В.С. Ненашев, Я.Г. Утимишева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЯ, ИЗГИБАЕМОГО ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ СЛЕДЯЩИМ МОМЕНТОМ В ТОЧНОЙ И СИЛЬНО-ЛИНЕАРИЗОВАННОЙ ПОСТАНОВКЕ

В классических работах по устойчивости стержней [1–4] получены приближенные решения задач устойчивости. В этих решениях обычно пренебрегают докритическим изгибом балки в плоскости *x*-*y*, то есть EI_z считается бесконечно большой. При этом задача об устойчивости плоской формы равновесия консольного стержня от действия изгибающего момента не рассматривалась.

В настоящей статье будет получено точное решение задачи устойчивости консольного стержня, нагруженного концевым потенциальным следящим моментом [5], изгибающим стержень вокруг оси *z* (рис. 1) с учётом всех жесткостей стержня, то есть с учётом докритического изгиба балки в плоскости *x*-*y*. Будет также получено приближенное линеаризованное решение этой задачи. В заключение будет проведено сравнение этих двух решений.

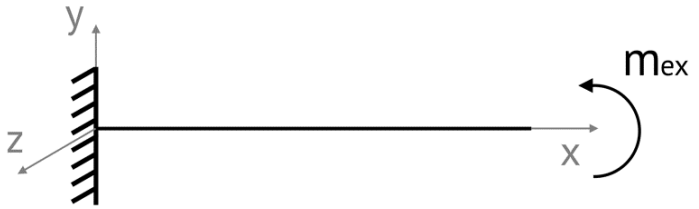


Рис. 1. Расчетная схема консольного стержня

В настоящей работе используется геометрически точная нелинейная теория упругих стержней [5, 6]. С помощью использования вариационного подхода к задачам устойчивости [7–10] были получены точные уравнения устойчивости для упругих стержней:

$$\begin{gathered}\left[\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{P}^{T}\cdot\left(\boldsymbol{u}'+\boldsymbol{r}'\times(\boldsymbol{Z}\cdot\boldsymbol{\theta})\right)-(\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{q})\times(\boldsymbol{Z}\cdot\boldsymbol{\theta})\right]'=0\\ [\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{C}\cdot\boldsymbol{P}^{T}\cdot(\boldsymbol{Z}\cdot\boldsymbol{\theta})'-(\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{m})\times(\boldsymbol{Z}\cdot\boldsymbol{\theta})]'+\boldsymbol{u}'\times(\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{q})+\\ +\boldsymbol{r}'\times\left[\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{P}^{T}\cdot\left(\boldsymbol{u}'+\boldsymbol{r}'\times(\boldsymbol{Z}\cdot\boldsymbol{\theta})\right)-(\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{q})\times(\boldsymbol{Z}\cdot\boldsymbol{\theta})\right]=0,\end{gathered}\tag{1}$$

где $\boldsymbol{r}$ – радиус-вектор; $\boldsymbol{P}$ – тензор поворота; $\boldsymbol{Z}$ – тензор Жилина; $\boldsymbol{q}$ – повернутый вектор сил; $\boldsymbol{m}$ – повернутый вектор моментов; $\boldsymbol{A}$ и $\boldsymbol{C}$ – тензоры упругости в законе Гука для сил и моментов соответственно; $\boldsymbol{u}$ и $\boldsymbol{\theta}$ – неизвестные функции.

Если в уравнения (1) подставить решение исходной задачи в точной нелинейной постановке, то будет получено точное решение задачи устойчивости. Точное решение нелинейной задачи статики для консольного стержня имеет вид:

$$\boldsymbol{r}=\begin{pmatrix}\dfrac{EI_z}{M}\sin\dfrac{Ms}{EI_z}\\ \dfrac{EI_z}{M}\left(1-\cos\dfrac{Ms}{EI_z}\right)\\ 0\end{pmatrix},\boldsymbol{\varphi}=\begin{pmatrix}0\\0\\\dfrac{Ms}{EI_z}\end{pmatrix},\boldsymbol{P}=\begin{pmatrix}\cos\dfrac{Ms}{EI_z} & -\sin\dfrac{Ms}{EI_z} & 0\\ \sin\dfrac{Ms}{EI_z} & \cos\dfrac{Ms}{EI_z} & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix},\boldsymbol{q}=\begin{pmatrix}0\\0\\0\end{pmatrix},\boldsymbol{m}=\begin{pmatrix}0\\0\\M\end{pmatrix},$$

где s – координата точки стержня в недеформированном состоянии ($0 \le s \le L$, L – длина стержня в недеформированном состоянии).

При подстановке точного решения нелинейной задачи статики в уравнения устойчивости была получена следующая система неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases}\left[\left(k_{\text{кр}}\cos^2\Phi+k_{3y}\sin^2\Phi\right)\psi_1'+\left(k_{\text{кр}}-k_{3y}\right)\sin\Phi\cos\Phi\psi_2'+M\psi_2\right]'=0\\ \left[\left(k_{\text{кр}}-k_{3y}\right)\sin\Phi\cos\Phi\psi_1'+\left(k_{\text{кр}}\sin^2\Phi+k_{3y}\cos^2\Phi\right)\psi_2'-M\psi_1\right]'=0\\ \left[k_{2z}(w'-\psi_1\sin\Phi+\psi_2\cos\Phi)\right]'=0\end{cases}, \qquad (2)$$

где введены обозначения:

$$\psi_1=\frac{1}{\Phi}[\theta_1\sin\Phi-\theta_2(1-\cos\Phi)],$$
$$\psi_2=\frac{1}{\Phi}[\theta_1(1-\cos\Phi)-\theta_2\sin\Phi],\qquad \Phi=\frac{Ms}{k_{3z}}.$$

Также используются следующие обозначения для жёсткостей стержня:

$$k_{\text{кр}}=GI;\ k_{3y}=EI_y;\ \ k_{3y}=EI_z;\ \ k_{2z}=GA.$$

При решении системы дифференциальных уравнений (2) задача распалась на три случая: 1) $k_{3z} < k_{3y}$, 2) $k_{3z} > k_{3y}$; 3) $k_{3z} = k_{3y}$.

Рассмотрим решение для классического случая 2, когда жесткость стержня на изгиб вокруг оси z больше жесткости на изгиб вокруг оси y.

Решение системы уравнений устойчивости (2) имеет вид:

$$\psi_1=\mathrm{C}_1\left(\cos\mu s\cos\varphi s-\sqrt{\frac{b}{a}}\sin\mu s\sin\varphi s\right)-\mathrm{C}_2\left(\cos\mu s\sin\varphi s+\sqrt{\frac{a}{b}}\sin\mu s\cos\varphi s\right)-\frac{B_2}{M};$$

$$\psi_2=\mathrm{C}_1\left(\cos\mu s\sin\varphi s+\sqrt{\frac{b}{a}}\sin\mu s\cos\varphi s\right)+\mathrm{C}_2\left(\cos\mu s\cos\varphi s-\sqrt{\frac{a}{b}}\sin\mu s\sin\varphi s\right)+\frac{B_2}{M};$$

$$w=-C_1\frac{1}{Ma}\cos\mu s-C_2\frac{1}{M\sqrt{ab}}\sin\mu s+B_1\frac{k_{3z}}{M^2}\sin\varphi s-B_2\frac{k_{3z}}{M^2}\cos\varphi s+D_1\frac{1}{k_{3z}}s+D_2;$$

где $\mu=M\sqrt{ab};\ \varphi=\frac{M}{k_{3z}};\ a=\frac{1}{k_{\text{кр}}}-\frac{1}{k_{3z}};\ b=\frac{1}{k_{3y}}-\frac{1}{k_{3z}}$, C_1, C_2, B_1, B_2 – произвольные постоянные.

Из внеинтегральных слагаемых функционала устойчивости, путем подстановки решения исходной нелинейной задачи статики, были получены граничные условия для задачи устойчивости:

$$\underline{s=0}\text{: } w(0)=0;\ \theta_1(0)=0;\ \theta_2(0)=0.$$

$$\underline{s=L\text{:}}$$

$$w'-\psi_1\sin\Phi+\psi_2\cos\Phi=0;$$

$$\left(k_{\text{кр}}\cos^2\Phi+k_{3y}\sin^2\Phi\right)\psi_1'+\left(k_{\text{кр}}-k_{3y}\right)\sin\Phi\cos\Phi\psi_2'+M\psi_2=\frac{k_{3z}}{L}\theta_1;$$

$$\left(k_{\text{кр}}-k_{3y}\right)\sin\Phi\cos\Phi\psi_1'+\left(k_{\text{кр}}\sin^2\Phi+k_{3y}\cos^2\Phi\right)\psi_2'-M\psi_1=\frac{k_{3z}}{L}\theta_2.$$

При подстановке решения задачи устойчивости в граничные условия необходимо выполнить требование о существовании ненулевого решения задачи. Это возможно только в случае, когда определитель системы равен нулю:

$$\begin{vmatrix} \cos\mu L\cos\varphi L-\sqrt{\frac{b}{a}}\sin\mu L\sin\varphi L-\cos\varphi L & -\cos\mu L\sin\varphi L-\sqrt{\frac{a}{b}}\sin\mu L\cos\varphi L+\sin\varphi L \\ \cos\mu L\sin\varphi L-\sqrt{\frac{b}{a}}\sin\mu L\cos\varphi L-\sin\varphi L & \cos\mu L\cos\varphi L-\sqrt{\frac{a}{b}}\sin\mu L\sin\varphi L-\cos\varphi L \end{vmatrix}=0.$$

Равенство нулю определителя сводится к уравнению:

$$cos\,\mu L=1.$$

Его минимальное положительное решение и есть искомый критический момент:

$$M_{\text{кр}}=\frac{2\pi}{L}\cdot\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{GI}-\frac{1}{EI_z}\right)\left(\frac{1}{EI_y}-\frac{1}{EI_z}\right)}}. \tag{3}$$

Если в уравнения (2) подставить решение исходной задачи в линейной постановке, то будет получена приближенное линеаризованное решение задачи устойчивости. Если же подставить статически допустимое решение линейной задачи статики (а перемещения и повороты считать равными нулю), то будет получено приближенное сильно линеаризованное решение задачи устойчивости.

Статически допустимое решение линейной задачи статики имеет вид:

$$\boldsymbol{r}=0;\ \boldsymbol{\varphi}=0;\boldsymbol{P}=\boldsymbol{I};\boldsymbol{Z}=\boldsymbol{I};\boldsymbol{Q}=0;\boldsymbol{M}=M\boldsymbol{k},$$

где $\boldsymbol{I}$ – единичный тензор; $\boldsymbol{k}$ – орт оси z.

Для нахождения критического момента необходимо решить только второе уравнение (1). Проинтегрировав один раз, получим:

$$\boldsymbol{C}\cdot\boldsymbol{\theta}'-\boldsymbol{M}\times\boldsymbol{\theta}=\boldsymbol{B}, \tag{4}$$

где $\boldsymbol{B}$ – произвольный постоянный вектор.

Решение системы уравнений устойчивости (4) имеет вид:

$$\boldsymbol{\theta}=\begin{pmatrix}\theta_1\\ \theta_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix} C_1\cdot\sin\frac{Ms}{\sqrt{k_{\text{кр}}\cdot k_{3y}}}+C_2\cdot\cos\frac{Ms}{\sqrt{k_{\text{кр}}\cdot k_{3y}}}-B_2\cdot\frac{1}{M} \\ -C_1\cdot\sqrt{\frac{k_{\text{кр}}}{k_{3y}}}\cdot\cos\frac{Ms}{\sqrt{k_{\text{кр}}\cdot k_{3y}}}+C_2\cdot\sqrt{\frac{k_{\text{кр}}}{k_{3y}}}\cdot\sin\frac{Ms}{\sqrt{k_{\text{кр}}\cdot k_{3y}}}+B_1\cdot\frac{1}{M}\end{pmatrix}, \tag{5}$$

где C_1 и C_2 – произвольные постоянные.

При подстановке решения (5) в граничные условия находим условие существования ненулевого решения системы:

$$\frac{ML}{k_{3z}}\left(1+\frac{k_{\text{кр}}}{k_{3y}}\right)\cdot\sin\frac{ML}{\sqrt{k_{\text{кр}}\cdot k_{3y}}}+2\sqrt{\frac{k_{\text{кр}}}{k_{3y}}}\cdot\left(\cos\frac{ML}{\sqrt{k_{\text{кр}}\cdot k_{3y}}}-1\right)-$$
$$-\sqrt{\frac{k_{\text{кр}}}{k_{3y}}}\left(\frac{ML}{k_{3z}}\right)^2=0. \tag{6}$$

Минимальное положительное решение уравнения (6) относительно M и есть искомый критический момент.

Для каждого конкретного стержня уравнение (6) может быть легко решено численно, но с точки зрения практического использования желательно иметь простую аналитическую формулу. Для этого дальше приводится асимптотическое решение уравнения (6). Для стандартных сечений стержней, используемых в строительных конструкциях отношения $\frac{k_{\text{кр}}}{k_{3z}}$ и $\frac{k_{3y}}{k_{3z}}$ являются малыми величинами.

Запишем уравнение (6) в безразмерном виде:

$$x \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot (1 + d^2) \cdot \sin x + 2d \cdot (\cos x - 1) - d \cdot x^2 \cdot \varepsilon_1^2 \cdot \varepsilon_2^2 = 0, \quad (7)$$

где $x = \frac{ML}{\sqrt{k_{кр} \cdot k_{3y}}}; d = \sqrt{\frac{k_{кр}}{k_{3y}}}; \varepsilon_1 = \sqrt{\frac{k_{кр}}{k_{3z}}}; \varepsilon_2 = \sqrt{\frac{k_{3y}}{k_{3z}}}$.

Как указывалось, ε_1 и ε_2 можно считать малыми параметрами. Асимптотическое решение будет строиться в виде разложения по этим параметрам.

Используя зависимость $\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1}{d}$, уравнение (7) можно записать в виде:

$$x \cdot \varepsilon_1^2 \cdot (1 + d^2) \cdot \sin x + 2d^2 \cdot (\cos x - 1) - x^2 \cdot \varepsilon_1^4 = 0. \quad (8)$$

Неизвестное x будем искать в виде асимптотического разложения по малому параметру ε_1:

$$x = x_0 + x_1 \cdot \varepsilon_1 + x_2 \cdot \varepsilon_1^2 + x_3 \cdot \varepsilon_1^3 + x_4 \cdot \varepsilon_1^4 + x_5 \cdot \varepsilon_1^5 + x_6 \cdot \varepsilon_1^6 + \ldots$$

Подставляя асимптотическое разложение в уравнение (8), раскладывая слагаемые уравнения в ряд и приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях малого параметра, получаем следующие уравнения:

$$\varepsilon_1^0: 2d^2 \cos x_0 - 2d^2 = 0 \quad \rightarrow x_0 = 2\pi$$

$$\varepsilon_1^2: -d^2 x_1^2 = 0 \quad \rightarrow x_1 = 0$$

$$\varepsilon_1^4: x_2^2 - 2\pi\left(\frac{1}{d^2} + 1\right)x_2 + \left(\frac{2\pi}{d}\right)^2 = 0 \quad \rightarrow x_2 = \left[\begin{array}{l}\frac{2\pi}{d^2} \\ 2\pi\end{array}\right.$$

$$\varepsilon_1^5: 2\pi(1 + d^2)x_3 - 2d^2 x_2 x_3 = 0 \quad \rightarrow x_3 = 0$$

$$\varepsilon_1^6: (1 + d^2)(2\pi \cdot x_4 + x_2^2) - 2d^2 x_2 x_4 - 4\pi \cdot x_2 = 0 \quad \rightarrow x_4 = \left[\begin{array}{l}\frac{2\pi}{d^4} \\ 2\pi\end{array}\right.$$

Таким образом, учитывая все обозначения, получим наименьшее значение неизвестного x:

$$x = 2\pi + 2\pi \cdot d \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + 2\pi \cdot d^2 \cdot \varepsilon_1^2 \cdot \varepsilon_2^2 = 2\pi(1 + d \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + d^2 \cdot \varepsilon_1^2 \cdot \varepsilon_2^2).$$

Окончательно получаем следующее значение критического момента:

$$M_{кр} = \frac{2\pi}{L}\sqrt{k_{кр} k_{3y}}\left(1 + \frac{k_{кр}}{k_{3z}} + \left(\frac{k_{кр}}{k_{3z}}\right)^2\right). \quad (9)$$

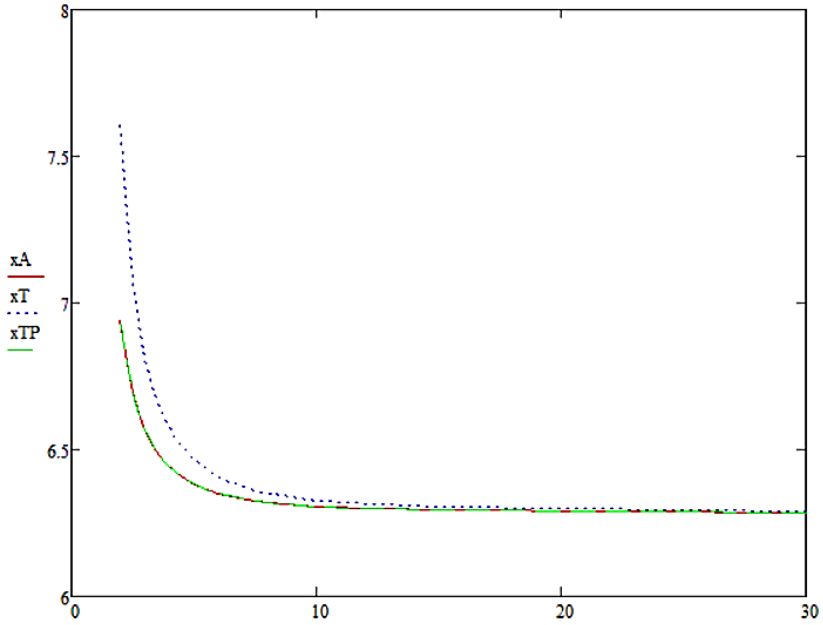


Рис. 2. Сравнение точного и приближенного решений

Сравним полученное асимптотическое решение (9) с точным решением задачи (3). Рассматривается стержень прямоугольного поперечного сечения с высотой сечения h и шириной b. На рис. 2 представлено три графика: xA – асимптотическое решение задачи, xT – точное решение и xTP – численное решение уравнения (9) в зависимости от h/b.

Вывод. Из графика, изображенного на рис. 2 следует, что полученное асимптотическое решение можно применять для расчета стержней до соотношения параметров поперечного сечения h/b не менее 2 с погрешностью до 10%. Кроме того, в соответствии с графиком, изображенном на рис. 2, видно, что асимптотическое решение практически совпадает с численным решением трансцендентного уравнения (6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем / Пер. с англ. И.К. Снитко. – 2-е изд. – М.: Гостехиздат, 1955. – 568 с.

2. Циглер Г. Основы теории устойчивости конструкций / Пер. с англ. М.И. Рейтмана; Под ред. Г.С. Шапиро. – М.: Мир, 1971. – 192 с.

3. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1967. – 984 с.

4. W. T. Koiter’s Elastic Stability of Solids and Structures/ ed. Arnold M. A. van der Heijden. – NY: Cambridge University Press, 2008. – 240 p.

5. Жилин, П.А. Прикладная механика. Теория упругих тонких стержней / П.А. Жилин. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2007. – 102 с.

6. Simo J.C., Vu-Quoc L., A three-dimensional finite strain rod model, Part II: Computer aspects, Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 1986; 58; P. 79–116.

7. Болотин, В.В. О вариационных принципах теории упругой устойчивости / В.В. Болотин // Проблемы механики деформируемого твердого тела. – Л.: Судостроение. – 1970. – С. 83–88.

8. Перельмутер, А.В. Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы. Т. 1 / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2010. – 704 с.

9. Лалин В.В., Розин Л.А., Кушова Д.А. Вариационная постановка плоской задачи геометрически нелинейного деформирования и устойчивости упругих стержней // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 1 (36). – С. 87–96.

10. Лалин В.В., Ненашев В.С., Лалина И.И. Вариационные постановки нелинейных задач статики и устойчивости внецентренно сжатого стержня Бернулли-Эйлера // Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2019). – 2019. – С. 291–292.

УДК 69.036.3

Е.С. Беляева, С.С. Зимин, О.Р. Задорин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ЗДАНИЯ НА ВЕТРОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ С УЧЕТОМ ОРИЕНТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ

Возведение высотных зданий и сооружений очень востребовано в наше время и их надежность – один из главных критериев, по которому оцениваются проектируемые объекты. Строительство таких зданий и сооружений является сложной задачей для архитекторов и инженеров. К числу вопросов, вытекающих из климатических условий и решаемых задач, прежде всего, относится задача регулирования ветрового режима. Влияние ветрового воздействия вносит большой вклад в принятие решений по проектированию зданий и сооружений. В современном строительстве, где появляется разнообразие форм зданий, необходимо учитывать влияние находящейся вокруг застройки.

Статья посвящена оценке воздействия ветрового потока на проектируемое уникальное здание бизнес-центра.

Цели работы: оптимизация схемы проектируемого здания бизнес-центра, оценка воздействия ветрового потока на проектируемое уникальное здание бизнес-центра с учетом окружающей застройки и розы ветров. Для достижения поставленных целей были выполнены следующие задачи:

1. Выявлено ветровое давление.
2. Определены места с максимальным давлением.
3. Оценено влияние формы проектируемого здания.
4. Проанализирован уровень комфорта пешеходов около здания.
5. Проанализирована окружающая застройка и внесена в расчетную модель.
6. Оптимизирована конструктивная схема здания бизнес-центра.

Моделирование ветра осуществляется в программе Autodesk Flow Design. Для расчета ветрового потока и определения зон комфортности разработана конечно-элементная модель здания бизнес-центра в программном комплексе Revit 2019. Геометрия земной поверхности вокруг модели считалась плоской. При численном моделировании варьировались параметры ориентации здания относительно розы ветров и окружающей застройки.

Давление на поверхности от ветрового воздействия возникает, потому что здания являются препятствием для распространения воздушных потоков, а их форма, с точки зрения аэродинамики, приводит к изменению тенденции распространения ветра. Интенсивные ветровые воздействия влияют на выбор общей формы здания.

У всех зданий существует наветренная и подветренная сторона. Наветренная сторона объекта обращена туда, откуда дует ветер. Она воспринимает 80% ветровой нагрузки. Подветренная сторона – противоположная той, в которую дует ветер, т.е. противоположная наветренной стороне, и она испытывает около 60% ветрового воздействия. Ветровая нагрузка содержит две составляющие – статическую и динамическую. Ветровые воздействия, сопровождающиеся ускорениями колебаний сооружений при динамических порывах ветра, могут вызвать нарушения нормальных условий эксплуатации в помещениях верхних этажей высотных зданий. Верхняя часть здания от ветра раскачивается, при этом с наветренной стороны конструкции испытывают растяжение, а с подветренной – сжатие, что ведет к нарушению вертикальности внешнего остекления и стекла могут трескаться. Самое большое воздействие ветер оказывает в середине наветренной стороны, откуда почти половина потока уходит вниз, и иногда ветровая нагрузка на входе в здание может превышать нагрузку на высоте 100 м [1].

Вокруг группы высотных домов создается зона рециркуляции, в которой вихревые потоки, возникшие около одного здания, гасятся или усиливаются у других [2]. Так как ветровое воздействие напрямую зависит от рельефа окружающей местности, присутствия других зданий и сооружений и их формы, его скорость на одной и той же высоте на открытой местности и с присутствием других препятствий будет различаться.

Проектируемое здание имеет сложную архитектурную форму, для которой является важным влияние ветрового воздействия [3, 4]. Величина скоростного напора определяется в зависимости от среднегодовой скорости ветра и для расчета была принята 25 м/с на высоте 10м от уровня земли.

Для подготовки расчетной модели необходимо: создать геометрическую модель, описывающую форму здания; для расчета ветрового потока разработать конечно-элементную модель; задать граничные и начальные условия расчета; выбрать физическую модель расчета; определить направление господствующего ветра.

Для получения полной и детальной информации о давлении ветра были поочередно моделированы следующие ситуации:

1. Здание бизнес-центра до и после изменения схемы.

2. Здание с прямоугольной в плане формы.
3. Здания бизнес-центра повернутое на 45º.
4. Здание бизнес-центра с существующей застройкой.

Влияние формы: Проектируемое здание имеет плавную поворотную форму в фасаде и восьмиугольную форму в плане. Здание разделено на две части: динамическую и статическую. Динамическая часть занимает 14 этажей от уровня земли, статическая – оставшиеся 15 этажей. Поворот осуществляется на 45º по часовой стрелке. Здание уменьшается в объеме на протяжении всей динамической части.

Первоначальный вариант архитектурного решения здания представлен на рис. 1.

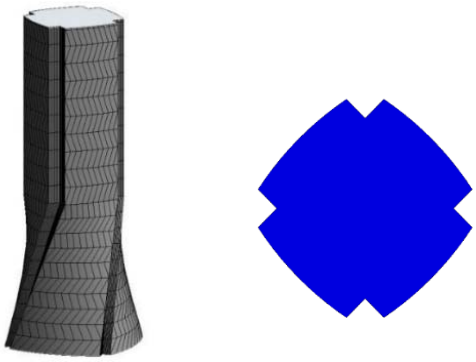


Рис. 1. Фасад и план здания

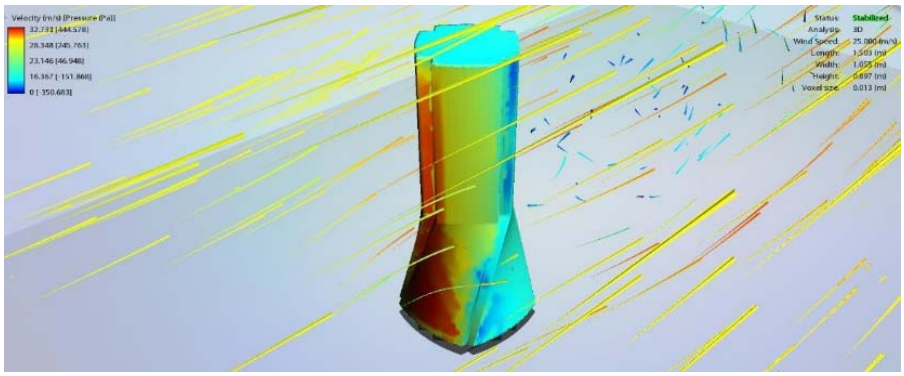


Рис. 2. Моделирование ветрового воздействия на первоначальную форму здания

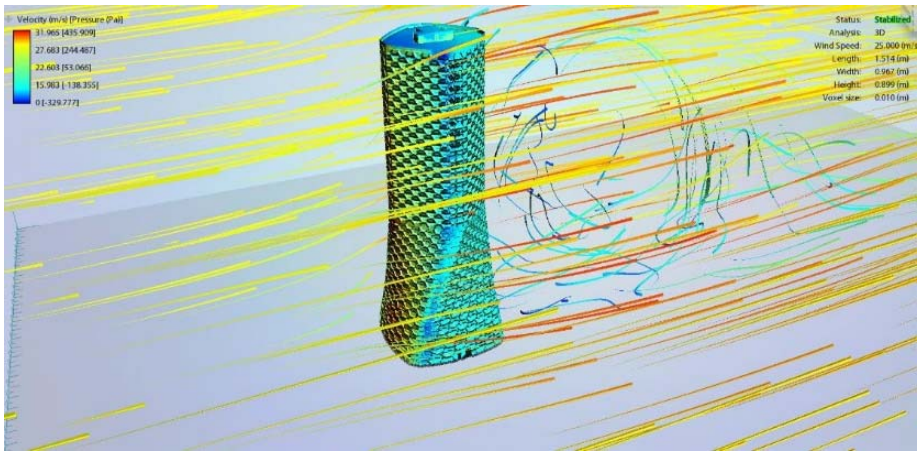


Рис. 3. Моделирование ветрового воздействия на измененную форму здания

После проведения моделирования ветровых потоков на здание было выяснено, что в местах углублений появляются концентрации максимальных положительных и отрицательных давлений. Это объясняется тем, что ветер, проникая в эти области, не находит

выхода и попадает в «аэродинамическую ловушку», что приводит к увеличению давления на поверхность.

Необходимо оптимизировать схему и найти решение, минимально изменяя архитектуру здания. Для разрешения этой проблемы было приято решение оградить места углублений витражной стеной, а в местах углублений устроить балконы или «зеленую зону». Из-за отсутствия острых углов ветер стал плавно огибать поверхность здания, что уменьшило давление. Максимальное значение давления на наветренной стороне составляет 435,9 Па. Максимальная скорость – 31,2 м/с. После изменения схемы значение максимального давления снизилось на 5%, а максимальная скорость у здания на – 10% (рис. 2, 3).

Таблица 1. Отслеживаемые параметры

Отслеживаемы параметры	Ед. изм.	Проектируемое здание	Здание прямоугольной формы
Максимальное положительное давление	Па	435	430
Максимальное отрицательное давление	Па	329	448
Максимальная скорость	м/с	32	32

Для сравнения проектируемого здания с типовыми решениями была создана расчетная схема в форме параллелепипеда, равная по объему и высоте. Из результатов расчета в программном комплексе видно, что показатели максимального положительного давления и скорость незначительно отличаются от проектируемого здания. Зато максимальное отрицательное давление у прямоугольного в плане здания больше на 26% (табл. 1). Этот факт можно объяснить тем, что у прямоугольного здания больше подветренная сторона. Значения коэффициента лобового сопротивления, полученные при моделировании зданий параллелепипедной и цилиндрической формы, оказались выше, чем для проектируемого здания. Из-за наклонных частей проектируемого бизнес-центра и поворотной формы значение коэффициента лобового сопротивления меньше, чем у других расчетных схем.

Для подтверждения и уточнения результатов, полученных в ходе исследования, рекомендуется провести более полный анализ, а также натурные испытания.

Влияние ориентации: так как здание симметричное, то для оценки зависимости влияния ветрового воздействия от ориентации здания было запроектировано 2 положения (0º и 45º) относительно центра.

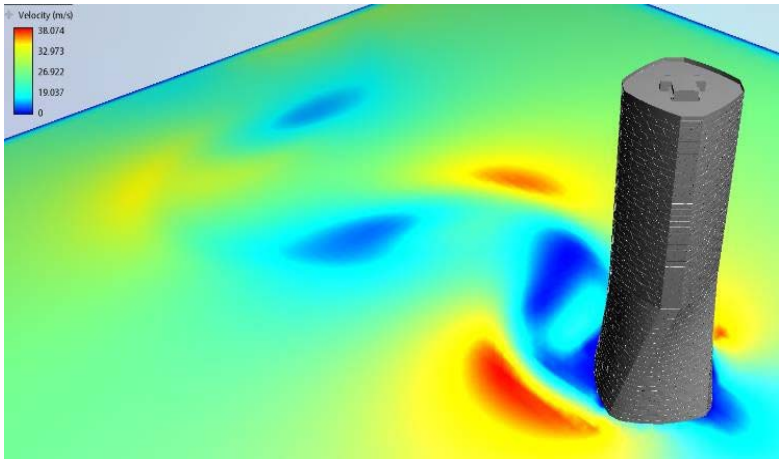


Рис. 4. Моделирование проектируемого здания под углом 45º

При ориентации здания под углом 45º возрастает максимальное отрицательное давление, что говорит о появлении большей площади подветренной стороны (рис. 4, рис. 5).

Также для выбора ориентации здания на местность необходимо отследить скорость ветра в близи поверхности для оценки комфортности пребывания пешеходов рядом с зданием. Для исследования было выбрана поверхность, находящаяся в 3 метрах от поверхности земли. Скорость вблизи земли у здания с ориентацией 0º меньше. После здания, как и ожидалось, появляется дорожка Кармана (вихревая дорожка).

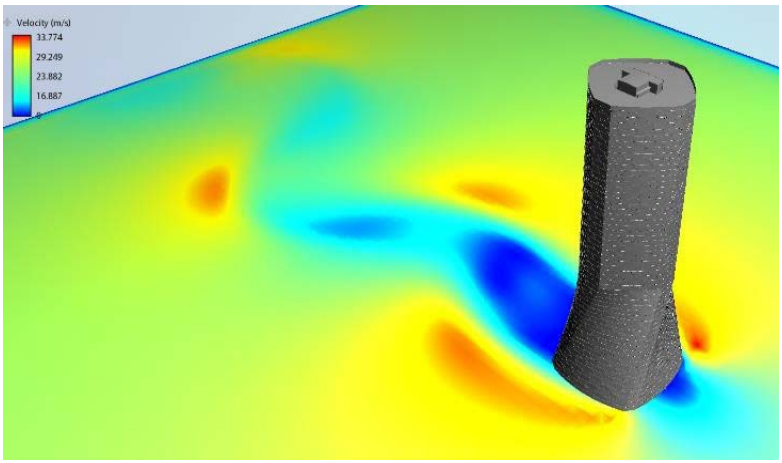


Рис. 5. Моделирование проектируемого здания под углом 0º

Влияние окружающей среды. Также для оценки влияния окружающей застройки была построена 3-D модель. По данным программы общее максимальное положительное давление снизилось на 32 %, а максимальное отрицательное – на 43 % (табл. 2). Отслеживание точного изменения давления на поверхности проектируемого здания является сложным в реализации, но по максимальным значениям можно сделать вывод, что при добавлении ландшафта или близлежащей застройки ветровое воздействие значительно снижается.

Для дополнительной проверки результатов предлагается проводить натурные замеры реальных ветровых воздействий.

Таблица 2. Отслеживаемые параметры

Отслеживаемы параметры	Ед. изм.	Проектируемое здание	Здание с окружающей застройкой
Максимальное положительное давление	Па	435	295
Максимальное отрицательное давление	Па	329	185
Максимальное скорость	м/с	32	37

Выводы. Ветровое воздействие одно из самых сложнооцениваемых нагрузок на здание. Оно обусловливается многими факторами, такими как: окружающая среда, рельеф, форма местности, гибкость фасадов.

Можно сделать вывод, что выбранная схема не вызывает появление большего давления, увеличения скорости ветрового потока и может быть прията для проектирования. По результатам моделирования ветрового потока на здание, имеющего сложную архитектурную форму, можно сделать следующие заключения:

1. Необходимо учитывать, что высотные здания являются гибкими. Влияние ветра на них может быть критичным.

2. При моделировании архитектурной формы здания необходимо избегать резкого изменения геометрической формы, появления углублений, острых углов.

3. Гибкие фасады помогают уменьшить коэффициент лобового сопротивления, что означает уменьшение давления на наветренную сторону здания. Форма здания повторяет форму интерцепторов, что позволяет снижать лобовое давление.

4. При ориентации здания по розе ветров можно создать обтекаемость объема воздушными потоками, что поможет уменьшить расчетное давление.

5. От наличия окружающей застройки давление ветрового потока значительно снижается. На его изменение влияет месторасположение, окружение и ориентация здания. Эти факторы необходимо учитывать при проектировании.

6. При проектировании зданий важным фактором является скорость ветра рядом со зданием, так как она влияет на уровень комфорта пешеходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекмаматова Л.Н. Особенности оценки ветрового воздействия на высотные здания / Л.Н. Бекмаматова // Молодежный научный форум: Технические и математические науки. – 2016. – № 1 (30).

2. Скрипченкова С.Ю. Воздействие ветровых нагрузок на высотные здания / С.Ю. Скрипченкова // Астраханский вестник экологического образования. – 2017. – № 2 (40).

3. Куприянов В.Н., Альтапов С.Р. Моделирование ветровых воздействий изменением формы здания / В.Н. Куприянов, С.Р. Альтапов // Известия КазГАСУ. – 2016. – № 2 (36).

4. Городниченко В.О. Описание воздействия ветровых нагрузок на высотные здания / В.О. Городниченко // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2018. – № 6 (22).

УДК 628.31

И.В. Долбня, Ю.А. Смятская, А.Н. Политаева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОСТАТОЧНОЙ БИОМАССЫ РЯСКИ LEMNA MINOR И ХИТОЗАНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

На сегодняшний день одними из актуальных и первостепенных задач являются: восстановление нарушенного экологического баланса, возобновление и рациональное использование природных ресурсов, сокращение объемов образующихся отходов, очистка воды, создание замкнутых водооборотных систем и т.д. Водные ресурсы потребляются в больших объемах в различных сферах производства, что влечет за собой образование сточных вод с содержанием загрязнителей как неорганической, так и органической природы. Тяжелые металлы (ТМ) относятся группе опасных токсичных веществ, которые способны в повышенных концентрациях приводить к нарушениям физиологических функций живых организмов, вызывать поражения центральной нервной системы, накапливаться в живых тканях, замещая при этом жизненно важные элементы в их структуре. Поэтому проблемы, связанные с загрязнением и очисткой воды от ионов тяжелых металлов (ИТМ) требуют комплексного эффективного решения.

Сорбция – это процесс накопления (концентрирования) вещества-загрязнителя на поверхности или поровом пространстве сорбента. Данный механизм лежит в основе сорбционной очистки воды. В качестве сорбентов можно использовать отходы различных производств, что позволяет очищать стоки и использовать вторичные ресурсы. Также все больше внимания уделяется материалам природного происхождения, которые уже изначально являются нетоксичными и обладают сорбционными свойствами как в нативном (исходном) состоянии, так и после соответствующих модификаций [1]. Основу природных материалов (например, шелуха проса, пшеницы, подсолнечника, биомасса микроводорослей и высших водных растений (ряска)) составляет целлюлоза, лигнин, гемицеллюлозы, активные группы которых определяют их сорбционную активность [2, 3]. Также широкое использование в разных отраслях, в том числе и водоочистке, получил хитозан, являющийся биополимером, получаемым из панцирей ракообразных. Благодаря своим сорбционным свойствам, проявляемым к широкому спектру веществ, данный полимер привлекает внимание

исследователей, чьи работы направлены на его модификацию с целью повышения сорбционной емкости и устойчивости к агрессивным средам [4]. Таким образом, создание и исследование новых сорбционных материалов, обладающих хорошими сорбционными свойствами и низкой стоимостью, представляют собой одни из первоочередных задач, успешное решение которых обеспечит рациональное использование водных ресурсов и сохранение окружающей среды.

В качестве объектов исследования выбраны: остаточная биомасса ряски *Lemna minor* (ОБР) (рис. 1,*а*); гранулы на основе остаточной биомассы ряски и хитозана (рис. 2,*б*). Остаточная биомасса образуется после извлечения из ряски ценных компонентов (пектинов), которую можно использовать в качестве сорбента для очистки воды от ионов тяжелых металлов (Zn^{+2}, Cd^{+2}, Cu^{+2}). Для изучения сорбционных свойств остаточной биомассы ряски проводили исследования в следующих условиях: $m_{\text{сорбента}}$ = 0,20 г; $V_{\text{р-ра}}$ = 100 мл; $\tau_{\text{сорбции}}$ = 24 часа (2 часа перемешивание на лабораторном шейкере OS-20 фирмы Biosan (Латвия) со скоростью ν = 250 rpm + 22 часа в статичном состоянии до достижения равновесия в растворе); t = 20±2 °С; pH = 4,0±0,2 ед. pH. Основной раствор, содержащий ионы тяжелых металлов (Zn^{+2}, Cd^{+2}, Cu^{+2}) (С = 1000±0,003 мг/л) готовили из солей $ZnSO_4$ $7H_2O$, $CdSO_4$ $8H_2O$ и $CuSO_4$ $5H_2O$ по ГОСТ 4212-2016 «Реактивы. Методы приготовления растворов для колориметрического и нефелометрического анализа» на дистиллированной воде (ГОСТ 6709-72 «Вода дистиллированная. Технические условия»).

а) *б*)



Рис. 1. Объекты исследования:
а – остаточная биомасса ряски *Lemna minor*;
б – сорбционный материал (гранулы) на основе остаточной биомассы ряски и хитозана

Рабочие растворы готовили последовательным разбавлением основного раствора, их начальную концентрацию определяли перед каждой серией эксперимента. После сорбции остаточную биомассу ряски *Lemna minor*, отделяли от раствора фильтрованием через бумажный обеззоленный фильтр «Белая лента» (ТУ 2642-001-68085491-2011). Определение величин начальной и равновесной концентрации (до и после процесса сорбции) проводили вольтамперометрическим методом на анализаторе ТА-Lab производства НПП «Томьаналит» (г. Томск) с использованием методики ПНД Ф 14.1:2:4.222-06 (МУ 31-03/04) «Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА». Полученные в ходе эксперимента данные статистически обрабатывали, используя пакет программ Microsoft Exel 2010 с надстройкой «Описательная статистика» [5]. Сорбционную емкость рассчитывали по следующей формуле:

$$A = \frac{(C_{\text{н}} - C_{\text{р}})V_{\text{р-ра}}}{m}, \quad (1)$$

где A – сорбционная емкость, мг/г; $C_{\text{н}}$ – начальная концентрация ионов тяжелых металлов (ИТМ) в растворе мг/л; $C_{\text{р}}$ – равновесная концентрация ИТМ в растворе, мг/л; $V_{\text{р-ра}}$ – объем раствора, л; m – масса сорбента, г.

Гранулированный сорбционный материал состава остаточная биомасса ряски *Lemna minor* и хитозан (ОБР+Х) изготовляли по технологии покапельного гранулирования. На первом этапе хитозан растворяли в 3 % растворе уксусной кислоты до образования гелеподобной смеси. Далее к хитозану добавляли навеску остаточной биомассы (5 г / 100 мл), компоненты подвергали смешению до полной гомогенизации. На следующем этапе смесь покапельно вносили в 5 % раствор NaOH при постоянном перемешивании. Сформированные гранулы выдерживали в течение суток в растворе NaOH с последующей промывкой дистиллированной водой до значений pH 7,0-7,5, затем высушивали на воздухе (рис. 1,*б*). Сорбционные свойства гранулированного сорбционного материала исследовали аналогичным образом, как и исходной остаточной биомассы. По полученным в ходе эксперимента данным построены изотермы сорбции (рис. 2 и 3), определена максимальная сорбционная емкость и проведено сравнение полученных результатов со свойствами аналогичных сорбционных материалов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты исследования сорбентов и сравнение с аналогичными материалами

Сорбент	Сорбционная емкость, *A*, мг/г		
	по Zn^{+2}	по Cd^{+2}	по Cu^{+2}
ОБР	10,5	15,0	15,0
ОБР+Х	16,0	25,0	22,0
Скорлупа арахиса [1]	9,0	6,0	8,0
Кукурузные кочерыжки [1]	2,0	8,9	7,6
Хитозан/хлопковое волокно [6]	-	15,7	24,8
Хитозан/целлюлоза [6]	19,8	-	26,5

При сравнении полученных сорбционных материалов с аналогичными сорбентами (табл. 1), установлено, что ОБР в нативном состоянии хорошо сорбирует все ионы металлов из раствора, сорбционная емкость выше, чем у исходной скорлупы арахиса и кукурузных кочерыжек. Сорбент ОБР+Х также проявляет хорошие сорбционные свойства на ряду с композитами хитозан/хлопковое волокно и хитозан/целлюлоза. При этом важно отметить, что для исследованных сорбционных материалов ОБР и ОБР+Х характерна суммарная сорбционная емкость по всем трем металлам (Zn^{+2}, Cd^{+2}, Cu^{+2}), то есть происходило одновременное их извлечение из раствора. Для ОБР суммарная сорбционная емкость составила 40,5 мг/г, а для ОБР+Х – 63,0 мг/г.



Рис. 2. Изотермы сорбции ионов тяжелых металлов на остаточной биомассе ряски *Lemna minor* (ОБР)

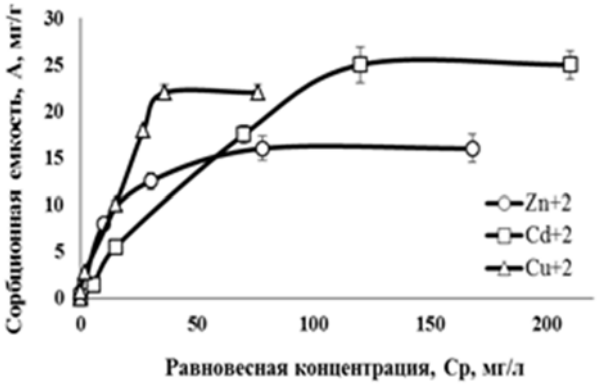


Рис. 3. Изотермы сорбции ионов тяжелых металлов на сорбенте остаточная биомасса ряски *Lemna minor* + хитозан (ОБР+Х)

Построенные изотермы сорбции (рис. 2, 3) относятся к типу Ленгмюра или I типу по классификации Брунауера-Эммета-Теллера (БЭТ). Для описания экспериментальных данных применяли модель сорбции Ленгмюра (формула (2)) [7].

$$A = \frac{A_\infty K C_\text{р}}{\left(1 + K C_\text{р}\right)}, \qquad (2)$$

где K – концентрационная константа сорбционного равновесия, характеризующая интенсивность процесса сорбции, л/ммоль; C_p – равновесная концентрация ионов металлов в растворе, ммоль/л; A_∞ – величина предельной емкости сорбента, ммоль/г.

Константу K и предельную емкость сорбента A_∞ можно определить, предварительно приведя уравнение (2) к линейной форме:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_\infty} + \frac{1}{K A_\infty C_\text{р}}. \qquad (3)$$

Экспериментальные данные сорбционной емкости A (ммоль/г) и равновесной концентрации $C_р$ (ммоль/л) при изображении в координатах $1/A$ – $1/C_p$ позволяют найти обе характеристики графически (рис. 4, 5).

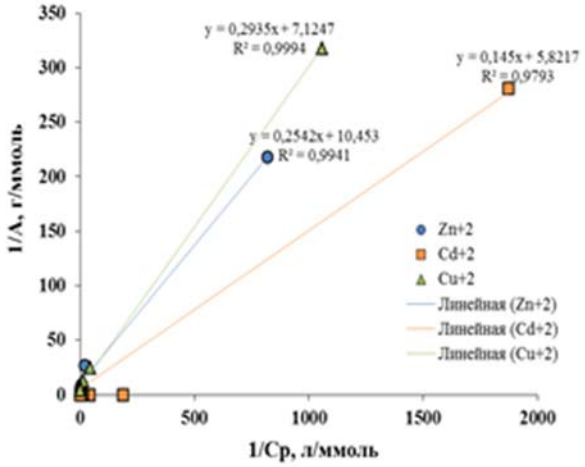


Рис. 4. Линеаризация изотерм сорбции по модели Ленгмюра для сорбента ОБР

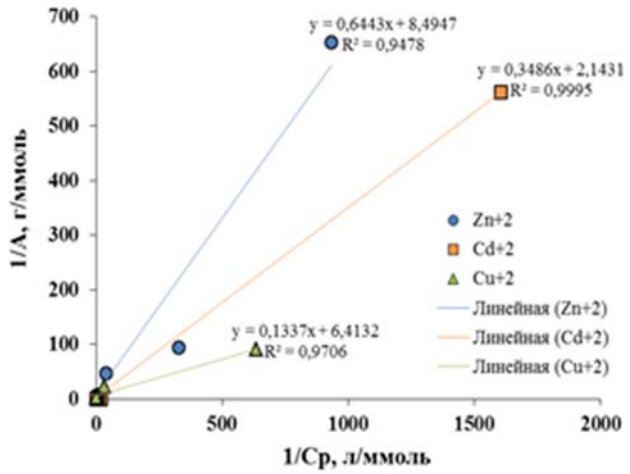


Рис. 5. Линеаризация изотерм сорбции по модели Ленгмюра для сорбента ОБР+Х

Таблица 2. Результаты обработки изотрем сорбции по модели Ленгмюра

Сорбент	ИТМ	A_∞, ммоль/г	tgα = $1/A_\infty$	K, л/ммоль	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент аппроксимации, R^2
ОБР	Zn^{+2}	0,10	10,45	41,1	0,997	0,994
	Cd^{+2}	0,17	5,82	40,1	0,995	0,979
	Cu^{+2}	0,14	7,12	24,3	1,000	0,999
ОБР+Х	Zn^{+2}	0,12	8,49	13,2	0,976	0,948
	Cd^{+2}	0,47	2,14	6,1	1,000	0,999
	Cu^{+2}	0,16	6,41	48,0	0,985	0,971

В табл. 2 приведены основные характеристики и коэффициенты, которые получены при применении модели Ленгмюра.

На основании полученных результатов коэффициента сорбционного равновесия K, рассчитана свободная энергия Гиббса (ΔG, кДж/моль) (формула (4)) или изобарно-изотермический потенциал. Значения энергии Гиббса позволяют определить механизм и тип сорбции, который может быть физическим, происходящим за счет сил Ван-дер-Ваальса (при

этом $\Delta G < 0$), и химическим, при котором затрачивается энергия ($\Delta G > 0$), т.е. происходит хемосорбция [8]. Результаты представлены в табл. 3.

$$\Delta G = - R\,T \ln K, \quad (4)$$

где R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/(моль·К); T – абсолютная температура, К; K – константа сорбционного равновесия, л/ммоль.

Свободная энергия Гиббса рассчитана для следующих температурных условий: $t = 20$ °С или $T = 293{,}15$ К.

Таблица 3. Значения свободной энергии Гиббса и тип сорбции

Сорбент	ИТМ	ΔG, кДж/моль	Тип сорбции
ОБР	Zn^{+2}	-9,1	Физическая сорбция
	Cd^{+2}	-9,0	Физическая сорбция
	Cu^{+2}	-7,8	Физическая сорбция
ОБР+Х	Zn^{+2}	-6,3	Физическая сорбция
	Cd^{+2}	-4,4	Физическая сорбция
	Cu^{+2}	-9,4	Физическая сорбция

В результате проведенных исследований установлено, что ОБР и гранулированный сорбент ОБР+Х обладают хорошими сорбционными свойствами по отношению к ИТМ, суммарная сорбционная емкость составила для материала ОБР 40,5 мг/г, для ОБР+Х – 63,0 мг/г. Изотермы сорбции обработаны по модели Ленгмюра и графически определены основные ее параметры. Рассчитана свободная энергия Гиббса, значения которой позволили установить, что для исследованных сорбционных материалов характерна физическая сорбция. Таким образом, полученные сорбенты рекомендуется использовать в процессах очистки сточных вод.

Исследования проводились в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» по теме проекта: «Разработка и внедрение инновационных биотехнологий переработки микроводорослей *Chlorella sorokiniana* и ряски *Lemna minor*» (Соглашение № 14.587.21.0038, от 17 июля 2017 г.). Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58717X0038.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифорова, Т.Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d-металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами: дис. … д-ра хим. наук: 02.00.06 / Никифорова Татьяна Евгеньевна. – Иваново, 2014. – 365 с.

2. Использование и утилизация сорбентов хитозан – остаточная биомасса микроводорослей *Chlorella sorokiniana* / Ю.А. Смятская [и др.] // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – №9. – С. 18–23.

3. Matovic D. Biomass – Detection, Production and Usage. Shanghai: InTech. – 2011. – 496 p.

4. Тунакова, Ю.А. Оценка сорбционной емкости биополимерных сорбентов на основе хитозана в отношении металлов / Ю.А. Тунакова, Е.С. Мухаметшина, Ю.А. Шмакова // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 96–100.

5. Макарова Н.В. Статистика в Excel / Н.В. Макарова, В.Я. Трофинец. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

6. Wan Ngah, W.S. Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: A review / W.S. Wan Ngah, L.C. Teong, M.A.K.M. Hanafiah // Carbohydrate Polymers. – 83 (2011). – P. 1446–1456.

7. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Д.А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.

8. Болдырев, А.И. Физическая и коллоидная химия: учебное пособие для с.-х. вузов / А.И. Болдырев. – М.: Высшая школа, 1974. – 504 с.

УДК 504.064.2

Н.О. Милютина[1], Н.А. Политаева[2]
[1]Санкт-Петербургский государственный университет
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕХНОГРУНТЕ И ВЗОШЕДШИХ НА НЕМ РАСТЕНИЯХ

Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) представляют угрозу для экологического состояния окружающей среды, несмотря на соблюдение установленных норм и правил, а также защитных мероприятий при эксплуатации полигонов.

Твердые коммунальные отходы, депонированные на полигонах, подвергаются воздействию физических, химических и биологических факторов, которые определяют скорость и степень разложения составляющих ТКО. В результате протекающих в теле полигонов биогеохимические процессов происходит выделение тепла и образование новых твердых, жидких (фильтрационные воды) и газообразных (биогаз) веществ, которые определяют загрязняющее воздействие полигонов на окружающую среду [1–3].

Выделение продуктов трансформации ТКО и загрязнение ими объектов окружающей среды остаются и после закрытия полигонов, в связи с чем необходимо проводить мероприятия по рекультивации территорий полигонов ТКО. Рекультивация представляет собой совокупность инженерно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий, позволяющих восстановить экологический баланс окружающей среды вблизи полигонов. При рекультивации полигонов ТКО выделяют технический и биологический этапы. Технический этап включает в себя выбор технологий по сбору, очистке и утилизации биогаза, а также сбору и обезвреживанию фильтрата и поверхностных сточных вод, формирование откосов, транспортировку и нанесение рекультивационных слоев, верхним из которых является плодородная почва. Биологический этап включает в себя комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению территории закрытых полигонов [4].

Одной из основных экологических и экономических проблем при рекультивации является создание плодородного слоя. При рекультивации полигонов ТКО во многих регионах ощущается острая нехватка плодородных почв [5]. При формировании плодородного слоя традиционно используют «плодородный слой почвы», мощностью до 0,8 м. Подсчитано, что для рекультивации 1 га полигона требуется до 10 тыс. м^3 почвенно-растительного грунта, что соответствует нарушению 5 га природных земель [6]. В связи с этим в настоящее время актуальным вопросом является поиск альтернативного экономически выгодного материала для создания плодородного слоя. Применение органогенных отходов, обладающих высоким биологическим потенциалом за счет содержания в них элементов питания растений и гумифицированного органического вещества, является наиболее оптимальной технологией для создания верхнего плодородного слоя. Целесообразность использования компоста из ТКО в качестве плодородного грунта при рекультивации полигонов ТКО признается большинством исследователей, занимающихся данной проблемой [7–9].

При планировании использования органогенных отходов необходимо контролировать экологическую безопасность используемого субстрата, поскольку верхний плодородный слой будет оказывать непосредственное влияние на растения, выполняющие задачи биологического этапа рекультивации. Также плодородный слой будет напрямую контактировать с окружающей средой, поставляя загрязняющие вещества непосредственно в атмосферный воздух и поверхностные воды (за счет сточного потока). Одним из методов оценки влияния использования органических отходов в качестве плодородного слоя является анализ миграции тяжелых металлов (ТМ) в растения, произрастающие на данном продукте.

Целью работы являлась оценка содержания ТМ в техногрунте, произведенном из органической фракции ТКО, и в растениях, естественно взошедших на данном продукте в силу его биологической активности.

Объектом исследования является полигон ТКО ООО «Новый Свет-Эко», расположенный в 5 км к северу от п. Новый Свет Гатчинского района, в 500 м к востоку от автодороги Ивановка-Пижма в Ленинградской области. На данном объекте откосы полигона отсыпаются техногрунтом из ТКО. Техногрунт из ТКО получают следующим образом: часть отходов, поступающих на полигон, отправляется на ленточный конвейер, оснащенный пакеторазрывателем, металлосепаратором, вибростолом и дисковым ситом. Полученная масса отходов преимущественно (65–70%) состоит из биоразлагаемых компонентов. Далее из техногрунта формируют бурты на площадке для компостирования, где техногрунт зреет в течение 6 месяцев. Технология предусматривает аэрирование буртов с помощью ворошильной машины с периодичностью раз в неделю [10].

Отбор проб для анализа проводился летом 2018 г. Пробы техногрунта отбирали методом конверта с площадок 5х5 м на откосе, отсыпанном 6 месяцев назад, и на откосе, отсыпанном 3 года назад. На тех же площадках были отобраны образцы естественно произрастающих растений – гулявник Лозеля *Sisymbrium loeselii* L и полынь горькая *Artemísia absínthium* L.

Пробоподготовка техногрунтов заключалась в минерализации высушенных и измельченных образцов в микроволновой печи: к навеске 1 г добавляли смесь азотной, фтористоводородной и хлорной кислот в соотношении: 5:4:1 (суммарно 10 см^3) кислоты, затем приливали 10 см^3 деионизированной воды, далее загружали в автоклав и запускали программу минерализации с температурой 210°С и мощностью 1200 Вт. По окончании работы программы полученные растворы фильтровали с последующим анализом на валовое содержание ТМ (Cu, Ni, Pb, Zn, Mn). Пробоподготовка растений проводилась отдельно для корней, стеблей и листьев: из высушенной и измельченной пробы отбирали навеску массой 0,5 г и добавляли к ней смесь кислот в количестве 5 см^3 из соотношения: 4 см^3 азотной кислоты и 1 см^3 хлорной кислоты и подвергали озолению при 160 °С, после чего полученный раствор фильтровался и анализировался на валовое содержание ТМ (Cu, Ni, Pb, Zn, Mn).

Количественный анализ на валовое содержание тяжёлых металлов в образцах определялся методом индуктивно связанной плазмы на оптическом эмиссионном спектрометре ICPE-9000 («Shimadzu», Япония). Анализ образцов осуществлялся в трехкратной повторности. Исследования образцов проводились с использованием оборудования ресурсного центра Научного парка СПбГУ «Образовательный ресурсный центр по направлению химия».

Полученные результаты анализов образцов на валовое содержание тяжелых металлов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Валовое содержание тяжёлых металлов в отобранных образцах техногрунта и гулявник Лозеля

	Откос – 6 месяцев				Откос – 3 года			
ТМ, мг/кг	Техно-грунт	Корни	Стебель	Листья	Техно-грунт	Корни	Стебель	Листья
Cu	263	10,8	7,84	9,53	131	27,4	7,86	7,90
Ni	51,6	1,66	<0,2	1,19	38,4	2,61	0,73	1,15
Pb	120	<2	<2	<2	62	5,29	<2	<2
Zn	625	95,3	116	127	492	158	169	151
Mn	4,65	9,32	8,22	19,0	2,81	11,3	11,7	22,6

Таблица 2. Валовое содержание тяжёлых металлов в отобранных образцах техногрунта и полыни горькой

	Откос – 6 месяцев				Откос – 3 года			
ТМ, мг/кг	Техно-грунт	Корни	Стебель	Листья	Техно-грунт	Корни	Стебель	Листья
Cu	263	15,6	10,3	21,3	131	21,8	19,3	28,4
Ni	51,6	5,57	2,35	7,67	38,4	8,45	7,65	10,8
Pb	120	<2	<2	<2	62	2,89	1,56	6,78
Zn	625	83,7	110	161	492	101	135	189
Mn	4,65	3,42	1,28	6,17	2,81	6,37	6,55	11,5

Сравнивая полученные данные по техногрунту с ПДК валового содержания ТМ в почвах (Cu – 55 мг/кг, Ni – 85 мг/кг, Pb – 20 мг/кг, Zn – 100 мг/кг, Mn – 1500 мг/кг), можно отметить, что превышение над ПДК наблюдается по меди в 4,8 раза и 2,4 раза, по свинцу – в 6 раз и 3,1 раза, по цинку – в 6,3 раза и 4,9 раза для полугодового и трехгодового откосов соответственно. При этом содержание ТМ в техногрунте на откосе, устроенном раньше, меньше содержания ТМ в техногрунте, отсыпанном полгода назад. Для никеля и марганца превышения концентраций над ПДК не выявлено. Меньшее содержание ТМ в техногрунте на откосе, отсыпанном 3 года назад, связано с особенностями биогеохимических реакций, протекающих в техногрунте после его компостирования, а именно с завершением стадии гидролиза, когда растворяются соединения металлов, что приводит к увеличению их концентрации. Также уменьшение содержания ТМ в техногрунте со временем связано с аккумуляцией ТМ растениями, естественно взошедшими на техногрунте.

Из анализа полученных данных по растениям видно, что в концентрации ТМ в отобранных с трехгодового откоса образцах выше, чем в образцах, отобранных с полугодового откоса, что связано со способностью растений накапливать ТМ в своей биомассе. Тяжелые металлы аккумулируются в растении и участвуют в его функционировании. В данном случае естественно произрастающие растения являются биохимическими барьерами для ТМ. У гулявника Лозеля наблюдаются максимальные концентрации Cu, Ni и Pb в корнях растений, Mn – в листьях растений. При этом концентрации Zn среди органов гулявника Лозеля распределены равномерно, что, вероятно, связано с тем, что цинк является микроэлементом. У полыни горькой максимальные концентрации по всем исследуемым металлам наблюдаются листьях растений. Данное различие связано с особенностями аккумуляции металлов у разных видов растений.

Вывод. Содержание ТМ в техногрунте уменьшается с течением времени, что связано с биогеохимическими процессами деградации органического вещества и миграции ТМ в растения. При этом растения имеют способность накапливать в себе ТМ и трансформировать их. Полынь горькая, которой свойственно накопление металлов в листьях, может быть использована в качестве местного фиторемедиатора с последующим сбором и сжиганием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинникова Т.В., Ашихмина Т.В., Федянин В.И. Воздействие полигонов твердых бытовых и промышленных отходов на состояние окружающей природной среды // Вестник ВГТУ. 2008. Т. 4. № 6. С. 14–17.

2. Федоров П.М., Негуляева Е.Ю., Покровская Е.Р. Исследование и моделирование биохимических процессов, происходящих в полигонах твердых бытовых отходов // Комплексная переработка твердых бытовых отходов - наиболее передовая технология: Сборник трудов. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. С. 62–71.

3. Федоров М.П., Чусов А.Н., Негуляева Е.Ю. Экологическая безопасность при обращении с ТБО в Ленинградской области // Региональная экология. 2004. № 3/4. С. 94–99.

4. Вайсман Я.И. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твёрдых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона. – Пермь: изд-во ПНИПУ, 2012. – 243 с.

5. Котович А.А., Гуман О.М. Оценка потенциального плодородия грунтов Уральского региона для рекультивации нарушенных земель // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2015. № 3. С. 65–74.

6. Коротаев В.Н., Жилинская Я.А., Ширинкина Е.С. Технологические подходы к использованию продуктов механо-биологической переработки отходов для рекультивации нарушенных земель на урбанизированных территориях // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 6. С. 9–14.

7. Евдокимов С.В., Орлова А.А., Дубинина Г.Ф. Обеспечение экологической безопасности при переработке твердых бытовых отходов // Экология и промышленность России. 2015. № 11. С. 36–40.

8. Середа Т.Г. Инженерные решения по биологической рекультивации полигонов твердых бытовых отходов // Экология и промышленность России. 2006. № 8. С. 13–15.

9. Орлова О.В., Гущина Е.Д., Арсентьев В.А. и др. Получение почвогрунтов на основе компоста из ТБО // Экология и промышленность России. 2007. № 12. С. 14–16.

10. Малюхин Д.М., Колычев Н.А., Бакина Л.Г., Теплякова Т.Е. Техногенный грунт из органической фракции ТКО // ТБО. 2018. № 5. С. 40–44.

УДК 614.842

Ю.В. Василенко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЫМОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ К ДЫМАМ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

На сегодняшний день причиной большого количества пожаров, повлекших за собой огромный материальный ущерб, является несвоевременное обнаружение очага, когда попытки дежурного персонала по устранению развития пожара безуспешны. Поэтому в связи развитием сектора применения высокоинтеллектуальной микропроцессорной техники, управляющей важными технологическими процессами и информационными потоками, все большее внимание уделяется обнаружению признаков возникающего очага пожара на ранней стадии.

Актуальность выбранной темы связана, прежде всего, с общим уровнем обеспечения автоматизации и безопасности как жилых, общественных зданий, так и промышленных объектов. Современные комплексные системы пожарной безопасности с использованием дымовых пожарных извещателей должны обеспечивать высокую вероятность идентификации пожароопасного состояния на ранней стадии по динамике изменения концентрации частиц дыма в воздухе. Это дает возможность уменьшить материальные потери, облегчить локализацию, тушение и ликвидацию последствий пожара.

Целью работы является разработка методики экспериментального исследования чувствительности дымовых пожарных извещателей к дымам различной природы.

В настоящее время широко применяются системы пожарной безопасности с различными типами автоматических пожарных извещателей в зависимости от вида контролируемого признака пожара [1]:

тепловые;
дымовые;
пламени;
газовые;
комбинированные.

Самым распространенным типом автоматических пожарных извещателей являются дымовые, реагирующие на частицы жидких или твердых продуктов горения. Их способы обнаружения основаны на оптико-электронных или ионизационных эффектах. Однако реальная их чувствительность проверяется в установке «Дымовой канал» и в комнате огневых испытаний с нормальными условиями физических параметров, поскольку на начальном этапе развития пожара на свойства дыма очень сильно влияют параметры окружающей среды (температура и влажность в помещении, потоки воздуха и т.п.).

Принято считать, что наиболее универсальной чувствительностью обладают ионизационные (радиоизотопные) пожарные извещатели. В статье «Электроиндукционный дымовой пожарный извещатель» представлены характеристики электроиндукционного пожарного извещателя, технические возможности которого по обнаружению дыма пока полностью не раскрыты [2].

Отличительные преимущества ионизационных пожарных извещателей заключаются не только в раннем обнаружении признаков горения, но и в реагировании на любой размер летучих частиц, цвет, зависящий от физико-химических параметров пожарной нагрузки. На сегодняшний день такие признаки не способно обнаружить ни одно автоматическое устройство, фиксирующее образование дымового потока.

Однако стоит отметить, что эксплуатация в нашей стране ионизационных извещателей встречается довольно редко. Это связано, прежде всего, с существованием множества сложностей при их производстве, техническом контроле, утилизации, что, конечно, влияет и на формирование рыночной стоимости прибора.

В зависимости от требуемого уровня безопасности и финансовых возможностей заказчик может выбирать подходящие приборы для обеспечения защиты помещений. Однако, остается открытым вопрос, будет ли использование большего числа приборов с более низкой стоимость эффективнее в сравнение с использованием одного прибора, входящего в иную ценовую категорию.

В связи с этим предлагается провести сравнительные испытания дымовых пожарных извещателей различного типа. К таковым отнесем точечный дымовой, радиоизотопный, аспирационный и электроиндукционный пожарные извещатели.

В качестве установки для исследований в соответствии с ГОСТ Р 53325-2012 используется «Дымовой канал», в который устанавливаются все образцы пожарных извещателей [1]. «Дымовой канал» представляет собой аэродинамическую трубу замкнутого типа с вентилятором, крышкой отсека для установки испытываемого извещателя со стеклянным смотровым окном, площадкой с поворотным устройством для установки испытываемого извещателя, измерителями температуры и скорости потока воздуха, устройством для измерения удельной оптической плотности, а также установка снабжается специальным устройством ввода продуктов горения (аэрозоля).

Вследствие чего возникает сложность с выбором источника нагрева испытуемых образцов. Поэтому для соответствия габаритным требованиям дымового канала вместо плиты нагревания по ГОСТ 53325-2012 предлагается использование плавильной печи для олова со встроенной электронной платой термостата, способной поддерживать регулировку температуры нагрева от 100 до 600 градусов Цельсия. Такая печь оснащена Fe-Cr-Al (сплавом) нагревателем и покрытием из нержавеющей стали, что способно обеспечить высокую скорость нагрева и длительный срок службы.

Свое широкое применение подобные установки приобрели для плавления припоя, пластика, смолы и многих других материалов. В рассматриваемом эксперименте особый интерес представляют такие материалы, как:

хлопок, поскольку его тление может явиться источником пожара для некоторых специфичных объектов;

тление изоляции электропроводки;

дерево и древесно-стружечная плита;

бумага;

синтетическая вата;

материалы электро-радио компонентов.

Следует понимать, что разные материалы при горении выделяют дым со своими свойствами и характеристиками. По своему определению дым является аэрозолью, т.е. системой, состоящей из твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде. Это является одной из главных проблем в области пожарной безопасности, поскольку трудно отличить дым, как опасный фактор пожара, от других аэрозолей в виде пыли, тумана, бытовых и промышленных аэрозолей [3].

К тому же, в процессе развития пожара дым меняет свои физические свойства, поскольку при перемещении и удалении от очага возгорания дым модифицируется как по концентрации, так и размерами, форме своих частиц.

Поэтому особое внимание должно уделяться чистоте подготовке экспериментов.

В вытяжном шкафу на максимальной температуре предварительно отжигается кювета плавильной печи. Затем необходимо изготовить специальные вкладыши в кювету из алюминиевой или медной фольги. Они также требуют отжига, поскольку могут содержать лишние следы влаги, масел и прочих соединений, способных повлиять на чувствительность извещателей.

Размеры образцов из испытуемых материалов подбираются эмпирическим путем. Для оценивания критерия потери массы образца производится взвешивание образцов до и после испытания (с учетом веса вкладыша).

Плавильная печь устанавливается внутри установки «Дымовой канал».

Вкладыши с образцами устанавливаются и извлекаются после испытаний с помощью пинцета. Далее производится контрольное взвешивание массы образцов, оценивается ее убыль.

Предполагаемые температуры для проведения испытаний находятся в пределах от 100 до 400 градусов Цельсия.

Не стоит забывать, что при выборе пожарного извещателя необходимо обращать внимание на следующие несколько критериев. Во-первых, учитывается тип и площадь помещения. Во-вторых, устройства с повышенной чувствительностью не стоит выбирать для запыленных помещений и производств, где характерна чрезвычайно малая концентрация дыма в воздухе. Маленькая площадь помещения не подойдет для установки линейных извещателей.

В действительности для достоверного обнаружения пожара на ранней стадии развития пожарный извещатель должен иметь возможность обнаружения частиц дыма всех размеров, от самых маленьких до больших, имеющих как самую минимальную кинетическую тепловую энергию, так и большую.

Из серии проводимых испытаний предполагаются следующие выводы:

материалы, при нагреве от 100 до 200 градусов Цельсия, подвергаются термическому разложению, сопровождающемуся выделением аэрозольных частиц, которые могут быть обнаружены только электроиндукционным и радиоизотопным пожарными извещателями;

интенсивность термического разложения у одних материалов может быть сразу достаточно сильной, а у других может плавно расти с ростом температуры нагрева образца;

начальные температуры термического разложения материалов на сотни градусов ниже температур самовоспламенения, что позволяет соответствующим системам пожарной безопасности обнаруживать возникновение пожароопасной ситуации на самой ранней стадии её развития, задолго до появления открытого пламени.

Таким образом, результаты данного эксперимента направлены на оценивание и сравнение способности дымовых пожарных извещателей, отличающихся принципом работы,

реагировать на дымы, характерные для различных материалов. Это позволит дать обоснованные рекомендации по применению того или иного типа пожарного извещателя на объектах, где одними их основных источников пожара могут являться исследуемые материалы, а также где существует угроза значительного материального ущерба и обнаружение возгорания на ранней стадии будет являться одним их ключевых критериев при выборе пожарного извещателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний.

2. Василенко Ю.В., Щеглов Е.В. Электроиндукционный дымовой пожарный извещатель // Специальная техника и технологии транспорта: сборник научных статей / Санкт-Петербург, Петергоф, 2019, выпуск 2 (40), часть 2.

3. Зайцев А.В. Дым и его свойства как аргументы в пользу извещателей с открытой оптической системой // Журнал «Алгоритм безопасности». № 1. – 2015.

УДК 614.841.44

В.А. Туманов, Е.П. Рябинина, А.Ю. Туманов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА СКЛАДЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Пожары в России и во всем мире наносят большой ущерб зданиям, сооружениям, уносят тысячи жизней населения и персонала. Лесная отрасль занимает важное место в экономике России, поэтому особенно важно защитить лесопромышленные предприятия от воздействия различных поражающих факторов техногенной аварии (ТА).

Статистика показывает (рис. 1), что количество пожаров постепенно уменьшается, но в абсолютном выражении остается на высоком уровне так в 2017 году количество пожаров составляло 132844 случая, прогноз на 2018 год – 126468 случаев [1].



Рис. 1. Количество пожаров за 2013–2018 годы

Прямой материальный ущерб (рис. 2) от пожаров стабильно составляет около 13 млрд. рублей ежегодно [1]. Таким образом защита от пожаров является актуальной и востребованной задачей.

Целью работы является разработка мероприятий по предупреждению ЧС техногенного характера на потенциально-опасном объекте – лесообрабатывающем предприятии для заблаговременного предупреждения угроз, причинения вреда жизни и здоровью населения и персонала и ущерба имуществу предприятия и третьих лиц.



Рис. 2. Прямой материальный ущерб, тыс. руб.

Так, как предприятие находится на стадии жизненного цикла «Эксплуатация», то основные задачи, которые необходимо выполнить для достижения заявленных целей:

уточнение и актуализация данных об основных опасностях аварий, технических данных объекта и информации о состоянии;

анализ пожарной опасности объекта;

определение частоты реализации пожароопасных ситуаций;

построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

оценка последствия воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;

разработка рекомендаций по обеспечению безопасности и при необходимости корректировка мер по снижению риска аварий;

совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО.

Объектом исследования является лесообрабатывающее предприятие Лесплитинвест, расположенное в Приозерском районе Ленинградской области. Генеральный план предприятия представлен на рис. 3.

Предметом исследования является методы оценки опасности чрезвычайных ситуаций при пожаре.


Рис. 3. Генеральный план предприятия

Анализ пожарной опасности объекта. На данном складе лесоматериалов может храниться до 24 тыс. м^3 пиловочника, уложенного в штабели. Длина штабеля – 30 метров, высота – 5 метров, ширина – 6 метров. Площадь склада составляет 32,2 тыс. м^2.

На основе статистики и методами построения причинно-следственных диаграмм выявлены наиболее вероятные события и непосредственные причины возникновений пожароопасных ситуаций:

Механическое повреждение оборудование в результате ошибок работника или падения предметов – бревен на бензобак погрузчика, разгерметизация оборудования, образование горючей паровоздушной смеси.

Выход параметров технологических процессов за критические значения, который вызван нарушением технологического регламента, например, появление источников зажигания в местах образования горючих паровоздушных смесей.

На рис. 4 показаны варианты нахождения работника на территории объекта.

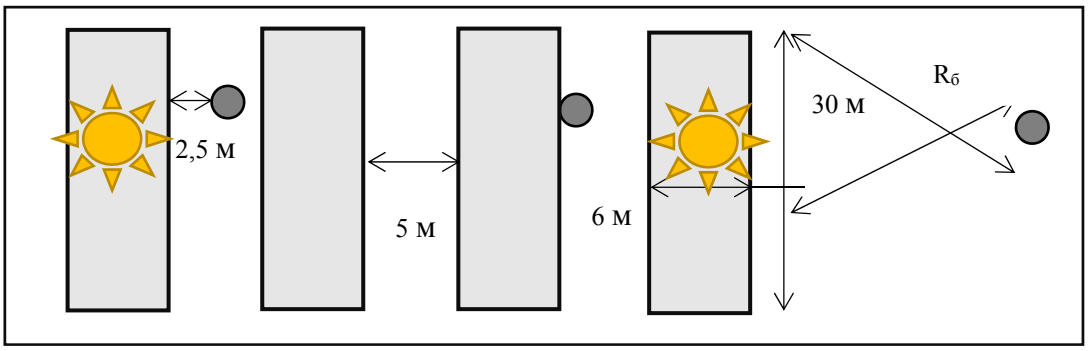


Рис. 4. Варианты нахождения работника на территории объекта

Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций. Информация о частотах реализации пожароопасных ситуаций (в том числе возникших в результате ошибок работника), необходимая для оценки риска, может быть получена непосредственно из данных о функционировании исследуемого объекта или из данных о функционировании других подобных объектов.

Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития. Для определения возможных сценариев возникновения и развития пожаров использован метод логических деревьев событий, представленный на рис. 5.

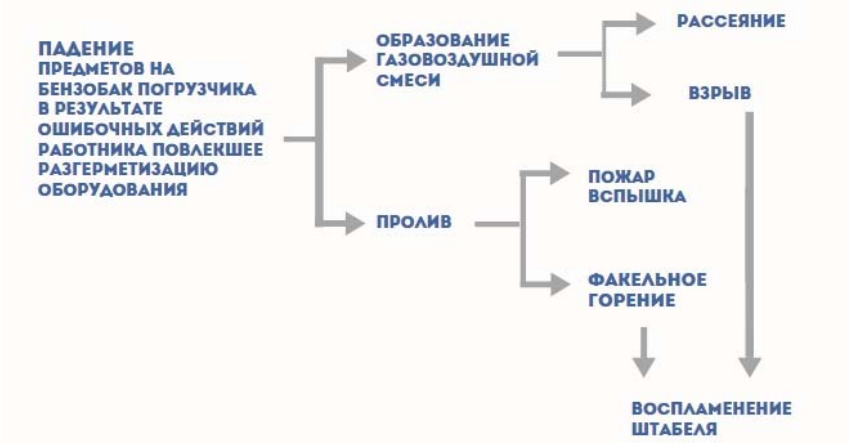


Рис. 5. Дерево событий развития пожара

В соответствии с вышеизложенным, были сформированы 2 сценария:

взрыв горючей паровоздушной смеси и возгорание штабелей в результате ошибочных действий работника;

возгорание штабелей в результате нарушения техники безопасности при обращении с огнем.

Методы детерминированной оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития. Согласно приказу от 10 июля 2009 года N 404 “Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на

производственных объектах", рассчитываем величину индивидуального риска и величину потенциального риска. Согласно методике [2], величина потенциального риска P(a) год $^{-1}$ в определенной точке как на территории объекта, так и в селебитной зоне вблизи объекта определяется по формуле:

$$P_a = \sum_{j=1}^{J} Q_{dj} \times Q(j) ,$$

где J – число сценариев развития пожароопасных ситуаций; Q_{dj} (a) – условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (a) в результате реализации j-го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному инициирующему аварию событию; Q_j – частота реализации в течение года j-го сценария развития пожароопасных ситуаций год $^{-1}$.

Величина индивидуального риска R_m год $^{-1}$ для работника m объекта при его нахождении на территории объекта определяется по формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^{I} q_{im} \times P(i) ,$$

где P (i) – величина потенциального риска в i-ой области объекта, год $^{-1}$, q – вероятность присутствия работника m в i-ой области территории.

В табл. 1 приведены результаты оценки вероятности для различных сценариев.

Таблица 1. Результаты оценки вероятности для различных сценариев

№ сце-нария	Наименование сценария	Инициирующее событие и ее частота	1	2	3	Вероят-ность сценария
C1	Взрыв горючей паровоздушной смеси и возгорание штабелей в результате разгерметизации резервуара	Разгерметизация бензобака 10^{-5}	Образование газовоздушной смеси 0.5	Взрыв 0.1	Воспла-менение штабеля	Послед-ствия
C2	Образование горючей паровоздушной смеси и рассеяние в результате разгерметизации резервуара	Разгерметизация бензобака 10^{-5}	Образование газовоздушной смеси 0.5	Рассе-яние 0.9	Пожара нет	Послед-ствий нет
C3	Возгорание штабелей в результате нарушения техники безопасности при обращении с огнем	Внесение источника возгорания			Воспла-менение штабеля 0.1	Послед-ствия
C4	Возгорание штабелей в результате нарушения техники безопасности при обращении с огнем	Внесение источника возгорания			Пожар потушен 0.9	Послед-ствий нет

Основной характеристикой термического воздействия является интенсивность теплового потока. Интенсивность теплового потока на облучаемом объекте определяется выражением, в соответствии с [3]:

$$J = \frac{E_t F_1}{2\pi R^2},$$

где E_t – площадь поверхности излучателя (пламени), обращенной к объекту, м^2; F_1 – расстояние от источника теплового излучения до объекта, м.

В табл. 2 представлены характеристики термического поражения персонала и зданий.

Таблица 2. Характеристики термического поражения персонала и зданий

Расстояния до объекта, м	Пораженный объект	Интенсивность теплового потока, J_1, кВт	Условная вероятность поражения
2,5	человек	5276	1
5	человек	133	1
60	здание	0,93	0

Безопасный радиус для нахождения человека рассчитывается по формуле [4]:

$$R = \sqrt{\frac{E_t F_1}{2\pi J_{\text{пор}}}}.$$

Расчет показал, что согласно исходным данным безопасное расстояние для человека равно 28,2 м.

Анализ полученных результатов показал, что все работники рабочей смены (оператор погрузчика, оператор окорочного станка, такелажники) находятся в опасной зоне. Необходимы мероприятия по снижению риска поражения персонала склада лесоматериалов тепловым воздействием.

Разработка рекомендаций по обеспечению безопасности и корректировка мер по снижению риска аварий. В ходе работы предложены ряд превентивных мероприятий технического и организационного характера.

1. Устройство автоматической сигнализации в помещениях предприятия для своевременного оповещения рабочих и служащих об аварии, взрыве, загазованности территории и т. п.

2. Размещение складов потенциально опасных веществ с учетом направления господствующих ветров.

3. Сведение до минимума возможности возникновения пожаров путем: установки водяных завес, устройства противопожарных разрывов. Обеспечение маневра пожарных сил и средств в период тушения или локализации пожаров, сооружение специальных противопожарных резервуаров с водой, искусственных водоемов, применение огнестойких конструкций.

4. Заглубление линий электроснабжения и установка автоматических отключающих устройств для предотвращения воспламенения материалов при коротком замыкании.

Организационные мероприятия [5]:

1. Заблаговременная подготовка руководящих работников и ведущих специалистов к взаимозаменяемости.

2. Подготовка 2–3 групп управления (по числу смен), которые должны быть готовы принять руководство производством и организовать аварийно-спасательные и другие неотложные работы при возникновении чрезвычайной ситуации.

Заключение.

В работе построены поля поражающих факторов пожара для различных сценариев его развития.

Научным результатом работы (исследования) являются научно-методические рекомендации по предотвращению ТА на объекте.

Результаты работы могут быть применены не только на объекте исследования, но и на других предприятиях лесопромышленного комплекса России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прогноз обстановки с пожарами в Российской Федерации на 2018 год, анализ обстановки с пожарами, предложения по улучшению с поджарами в Российской Федерации. URL: https://sites.google.com/site/statistikapozaro/prognoz-obstanovki-s (дата обращения: 10.10.2019).

2. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. N 404 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах". URL: http://base.garant.ru/196118/ (дата обращения: 10.10.2019).

3. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 N 144 "Об утверждении Руководства по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" Документ предоставлен Консультант Плюс. www.consultant.ru. Дата сохранения: 21.09.2016.

4. Туманов А.Ю. Научно-методические основы оценки риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на опасных технических объектах / А.Ю. Туманов, В.И. Гуменюк. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 135 с.

5. Туманов А.Ю. Управление безопасностью в чрезвычайных ситуациях / А.Ю. Туманов [и др.]. СПб.: Изд. Политех. ун-та, 2017. – 124 с.

УДК 614.842.4:330.322.5

Н.С. Иванов, К.И. Сапронов, А.Ю. Туманов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКА ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Известно, что оценка риска является одним из наиболее важных аспектов обеспечения безопасности любого объекта, так как при выявлении возможных источников опасности становится возможным заблаговременное их предотвращение. Риск аварии – мера опасности, характеризующаяся возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте (или потенциально опасном объекте) и соответствующую ей тяжесть последствий (приказ РТН №144 от 11.04.2016).

Целью работы является разработка методики оценки риска проекта создания интегрированных систем безопасности на потенциальном опасном объекте культурного наследия регионального значения «Центральная народная школа». Данный объект относится к потенциально опасным, так как на нем возможно одновременное пребывание более 5000 человек (согласно ФЗ № 38) [1]. Для достижения поставленной цели выполнялись следующие задачи: выявление перечня угроз, разработка технических требований к ИСБ с учетом особенностей объекта, сбор исходных данных для проведения необходимых расчетов, проведение оценок риска разработки и внедрения ИСБ.

Интегрированная система безопасности (далее ИСБ) – система безопасности объекта, объединяющая в себе целевые функциональные системы, предназначенные для защиты от угроз различной природы возникновения и характера проявления [2]. ГОСТ Р 53704-2009 устанавливает, что ИСБ должна состоять минимум из трех подсистем. В случае рассмотренного объекта, в систему были включены следующие элементы (подсистемы):

- система охранно-телевизионного наблюдения;
- система оповещения и управления эвакуацией;
- система контроля и управления доступом;
- система автоматической пожарной сигнализации;

– система охранно-пожарной сигнализации.

Оценка риска производилась с помощью экономических и технократических методик.

В табл. 1 приведены стоимости оборудования данной системы, предлагаемые двумя компаниями поставщиков, в результате чего был выбран вариант, предлагаемый компанией «auroracomp». Управленческое решение выбора поставщика было принято на основе того, что компания «Охранные системы» предлагала такое же оборудование оборудование, но работающее только в рамках трех подсистем.

Таблица 1. Стоимость интегрированной системы безопасности

Наименование компании поставщика	Стоимость оборудования	Стоимость монтажных работ	Итоговая стоимость
«охранные системы»	2900776	910080	3812656
«auroracomp»	1756349	1075560	2831909

Объективным показателем эксплуатационной надежности технических подсистем, а также КСБ/ИСБ в целом является комплексный показатель – коэффициент готовности (ГОСТ Р 53704 2009) к выполнению возложенных целевых задач по ГОСТ 27.002

$$К_г = \frac{T_0}{T_0 + T_B},$$

где T_0 – контрольное время обеспечения работоспособности составляющей КСБ/ИСБ, ч; $T_В$ – активное время восстановления работоспособности составляющей КСБ/ИСБ после отказа(ов) (без учета подготовительно-заключительного времени), ч.

В результате проведенных расчетов данный показатель принял значение 0.96, превышающий пороговое значение в 0.93. Этот результат показывает, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени (кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается) [3].

Также для оценки риска внедрения проекта использовался метод сценариев. Метод сценариев позволяет совместить исследование чувствительности результирующего показателя с анализом вероятностных оценок его отклонений [4]. Проект с наименьшим стандартным отклонением и коэффициентом вариации считается менее рисковым.

Чистый приведенный эффект от проведенных мероприятий по повышению безопасности объекта (NPV) рассчитывается по формуле [5]:

$$NPV = -IC + \sum_{t=0}^{T} \frac{CF_t}{(1+K_R)^t}, \quad (1)$$

где IC – полная стоимость ИСБ; CF_t – косвенный эффект (предотвращенный ущерб); r – Ставка дисконтирования.

Расчет ставки дисконтирования производится по формуле [4]:

$$K_R = K_{инф} + K_{стр} + r_{внеш} + r_{внутр}. \quad (2)$$

Для рассмотренного объекта суммарный предотвращенный ущерб с учетом всех факторов риска составил 1 114 014 рубля.

Таблица 2. Сценарии развития реализации проекта

Сценарии	Стоимость создания ИСБ, руб.	Эффект от ИСБ, руб.	NPV, руб.	Вер-ть, %	Результат, руб.
Наихудший	3114999	1114014	23514	0,2	4702,8
Вероятный	2831909	1012740	52573	0,6	31543,8
Наилучший	2548718	911466	81732	0,2	16346,4
Ожидаемый NPV					17531
Среднеквадрат. отклонение					10989,8

Формула (1), кроме экономической имеет прикладную «безопастностную» трактовку. Новизна предложенной методики заключается в том, что расчет эффекта производится через сопоставление стоимости превентивных мероприятий и сумм предотвращенного ущерба, оцененного по каждой подсистеме с применением методов оценки косвенного эффекта.

Сценарии развития реализации рассматриваемого проекта представлены в табл. 2.

На рис. 1 представлено изменение чистого приведенного ущерба с учетом применения интегрированной системы обеспечения безопасности. Наглядно видно, что разработанный проект «окупается» в течение первых пяти лет с момента начала эксплуатации, следовательно, проект обладает малым риском.

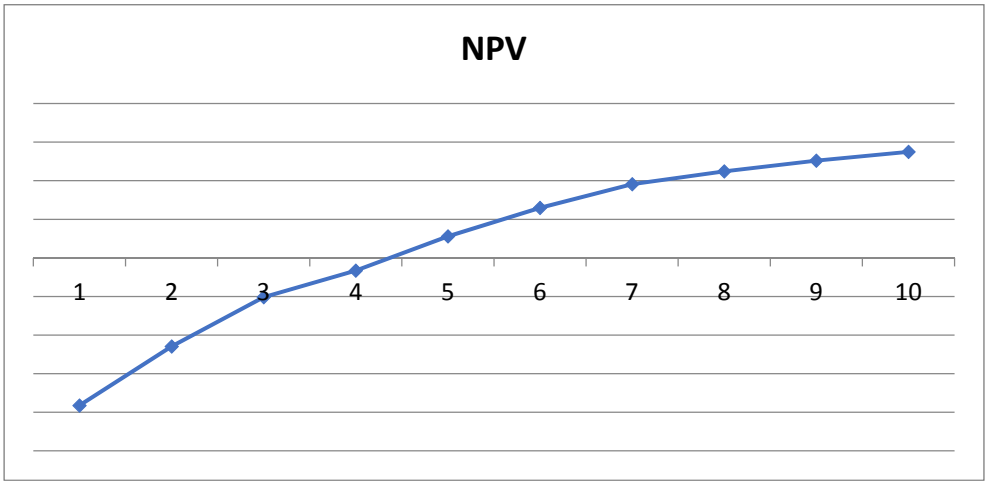


Рис. 1. График изменения NPV в случае установки системы от компании «auroracomp»

Основным результатом работы является усовершенствованная методика оценки риска проекта разработки и внедрения интегрированных систем безопасности на основе сопоставления стоимости превентивных мероприятий и сумм предотвращенного ущерба, оцененного по каждой подсистеме с применением методов оценки косвенного эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 03.08.2018) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", 2018. – 34 с.

2. ГОСТ Р 53704-2009 Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 30 с.

3. Туманов А.Ю. Модели и методы оценки экономической эффективности интегрирования систем безопасности: учеб. пособие / Туманов А.Ю. – СПб: изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 195 с.

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 74 с.

5. Туманов А.Ю. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности. Количественная оценка риска инновационного проекта: учеб. пособие / Туманов. А.Ю. – СПб.: изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 195 с.

УДК 658.8.084

Т.Т. Каверзнева, В.А. Егорихина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАХОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РАБОТАХ НА ВЫСОТЕ

Актуальность работы обусловлена повышенным риском проведения работ на высоте [1]. К таким работам относят те работы, которые выполняются на высоте не менее 1,8 м от поверхности земли (грунта), перекрытия или рабочего настила (в том числе с подъёмных платформ и механизмов), а также на расстоянии менее 2 м от не ограждённых краёв (при перепаде высоте 1,8 м и более) [2]. Так как производство подобных работ характеризуется повышенным травматизмом, работы на высоте относят к опасным видам работ. Опасным фактором работ на высоте является расположение рабочего места на высоте от земли, пола или другой поверхности и связанная с этим возможность падения работника с высоты (или падения предметов на работника). Для уменьшения риска падения с высоты необходимыми являются контролирующие мероприятия [3, 4].

Цель работы – произвести расчет надежности элемента страховочной цепи, обеспечивающего удержание и позиционирование арбориста при выполнении работ на высоте.

Степень риска работ на высоте складывается из следующих факторов в соответствии с ГОСТ Р 51898-2002: возможности падения с высоты, риска использования страховочного оборудования, тяжести возможного ущерба от остановки падения. Риск использования любого оборудования, в том числе и страховочного, определяется показателями надежности и носит вероятностный характер [5].



Рис. 1. Страховочная цепь

При перемещении на значительной высоте работника по металлоконструкциям или иным сооружениям посредством рук и ног, эти конструкции для находящегося на высоте человека являются опорной линией. Для обеспечения безопасности человека и снижения риска его падения с высоты должна быть создана страховочная цепь (рис. 1) или страховочная система. Эта цепь может включать в себя следующие элементы:

– страховочную привязь *1,*
– самостраховочный фал *2,*
– два карабина *3,*
– страховочное устройство в виде СИЗ ползункового типа *4,*
– страховочную веревку *5,*
– анкерную точку для крепления веревки на конструкции *6.*

Для расчета надежности страховочной привязи используем данные [6] (см. табл. 1). В табл. 1 использованы следующие обозначения: G_{min} – минимальное значение предельной нагрузки

элемента; Q_{max} – максимальное значение действующей на элемент нагрузки; q – уровень значимости определения нагрузок; V_G – коэффициент вариации предельной нагрузки элемента; V_Q – коэффициент вариации действующей на элемент нагрузки. В табл. 2 U_{1-q} – односторонний квантиль доверительной вероятности.

Таблица 1. Данные для расчета надежности страховочной привязи [6]

Наименование	Значение
G_{min}	12000 Н
Q_{max}	4000 Н
q	0,0001
V_G	0,15
V_Q	0,15

Таблица 2. Значение квантили стандартного нормального распределения

q	0,0001	0,001	0,01	0,05	0,1	0,1587
U_{1-q}	3,719	3,090	2,326	1,645	1,282	1,00

Алгоритм расчета:

Шаг 1. Находим запас прочности элемента:

$$S = \frac{G_{min}}{Q_{max}};\ S = \frac{12000\ \text{Н}}{4000\ \text{Н}} = 3.$$

Шаг 2. Определим запас прочности по средним значениям нагрузок:

$$\bar{S} = S\frac{1 + U_{q-1}V_Q}{1 - U_{q-1}V_G}.$$

Значение квантили $U_{q-1} = 3{,}719$ взято из табл. 2 для уровня значимости $q = 0{,}0001$.

$$\bar{S} = 3 * \frac{1 + 3{,}719 * 0{,}15}{1 - 3{,}719 * 0{,}15} = 10{,}57.$$

Шаг 3. Риск разрушения элемента (риск использования):

$$F_i = 1 - \text{НОРМСТРАСП}\left(\frac{\bar{S}-1}{\sqrt{\overline{S^2} * V_G^2 + V_Q^2}}\right) \text{ или}$$

$$F_i = 1 - \text{НОРМСТРАСП}\left(\frac{10{,}57 - 1}{\sqrt{10{,}57^2 * 0{,}15^2 + 0{,}15^2}}\right) =$$

$$= 1 - \text{НОРМСТРАСП}(6{,}009) = 0{,}9327 * 10^{-9}.$$

Здесь НОРМСТРАСП (x) – функция нормального распределения на компьютере в Excel.

Если риск использования всех семи элементов страховочной цепи одинаков, то риск использования элементов всей цепи будет составлять:

$$F_{1-6}(t) = F_1(t) + F_2(t) + 2F_3(t) + F_4(t) + F_5(t) + F_6(t);$$

$$F_{1-6}(t) = 7 * F_i = 7 * 0{,}9327 * 10^{-9} = 0{,}6529 * 10^{-8} < [0.001].$$

То есть, риск использования семи элементов, с указанными в примере характеристиками, в страховочной цепи меньше допустимого риска работы на высоте.

Вывод. Необходимо уделять особое внимание элементам систем безопасности, участвующих в страховочных устройствах (различные зажимы, спусковые устройства, карабины и т.д.). Кроме того, нужно анализировать прочность этих устройств с течением времени эксплуатации, учитывать износ [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Тархов Д.А., Каверзнева Т.Т., Идрисова Д.И. Анализ причин тяжелого и смертельного травматизма на строительной площадке // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование-2.

Г69. Материалы Международной научно-практической конференции. В 2 т. Т. 2. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). – 2015. – № 11 (специальный выпуск 60-2). – 648 с. – М.: Издательство «Горная книга». – С. 244–253.

2. Приказ Минтруда России от 28.03.2014 N 155н "Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте" // «Консультант плюс»: Региональный информационный центр. Режим доступа: http://www.infocom.su.

3. Каверзнева Т.Т., Мазуренко К.С. Контроль безопасности при проведении работ на высоте // Научный форум с международным участием «Неделя науки СПбПУ»: материалы научно-практической конференции. Институт военно-технического образования и безопасности СПбПУ. – Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 248 с. (с. 187–190).

4. Каверзнева Т.Т., Носов В.Н., Мазуренко К.С. Меры безопасности при проведении рабмот на высоте с использованием страховочных строп // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Институт военно-технического образования и безопасности. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 298 с. (с. 198–200).

5. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Анализ пожарной опасности технологических систем по показателям надежности // Научно-аналитический журнал. Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности, № 3. 2017, с. 33–37.

6. Расчет рисков от использования средств индивидуальной защиты от падения с высоты / А.А. Ступаков, Г.Д. Леликов // Техника безопасности в строительстве. – 2014. – № 12 (846). – С. 50–54.

7. Каверзнева Т.Т., Смирнова О.В. Влияние износа строительного оборудования и ручного инструмента на условия труда рабочих // Безопасность в техносфере. – 2013. – №3 (42). – С. 14–18.

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 621.3.018

А.Е. Шейко, О.А. Васильева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАБЕЛЯ 0,4 кВ ПРИ ПИТАНИИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Характерной нагрузкой сети 0,4 кВ являются электроприемники жилых зданий, офисных и торговых центров. К ним относятся осветительные и бытовые электроприборы, компьютерная техника, силовое оборудование зданий (механизмы подъема лифтов, насосы водоснабжения и водоотведения и др.). Большинство таких электроприемников при подведении синусоидального напряжения потребляют несинусоидальный ток, содержащий ток основной частоты и высших порядков. Значительную часть спектра тока могут составлять третья и кратные ей гармоники.

Несинусодальность тока вызывает дополнительные потери мощности и тепловой нагрев проводников от токов высших гармоник, что ускоряет износ изоляции и сокращает срока службы электрооборудования. Вследствие перегрузки токами третьих гармоник возможен перегрев и разрушение нулевых рабочих проводников кабельных линий. Это происходит по причине того, что в трехфазных четырехпроводных цепях токи третьих и кратных гармоник совпадают по фазе в фазных проводниках, достигая нулевых и максимальных значений одновременно, и суммируются в нулевом проводе. В итоге токи в нулевом проводнике могут превосходить токи в фазных, а защита от токовых перегрузок в цепи нулевого проводника не предусматривается (п. 1.3.10 ПУЭ). Перегрузка нулевого проводника также ускоряет старение изоляции кабеля, может привести к обрыву нулевого проводника и повреждению оборудования у потребителя.

Целью работы является исследование спектра гармоник тока в цепи кабеля 0,4 кВ с несинусоидальной нагрузкой и определение поправочного коэффициента к длительно допустимому току кабеля, учитывающему влияние несинусодальности тока на его пропускную способность.

Объектом исследования является кабельное присоединение 0,4 кВ с компьютерной и люминесцентной осветительной нагрузкой (рис. 1).



Рис. 1. Цепь кабеля 0,4 кВ

Используется силовой кабель марки ВВГ 4×50 с параметрами: количество жил – 4, площадь поперечного сечения жилы – 50 мм^2, активное сопротивление жил – 0,37 Ом/км, справочное значение длительно допустимого тока кабеля $I_{\text{доп справ.}}$= 155 А.

Кабель питает несинусоидальную нагрузку, в составе которой системные блоки, мониторы, ноутбуки, принтеры, люминесцентные лампы. Для измерений используется измерительный прибор BINOM337U3.220I3.5S16T4 [1], подключаемый через измерительные трансформаторы Т-0,66 по цепям тока и непосредственно (без измерительных трансформаторов напряжения) в цепь кабеля по цепям напряжения.

Осциллограммы токов и напряжений в фазах кабеля и спектр коэффициентов гармоник тока, полученные с помощью прибора, показаны рис. 2 и 3. Форма тока на осциллограмме и его спектр характерны для компьютерной и люминесцентной нагрузки [2].

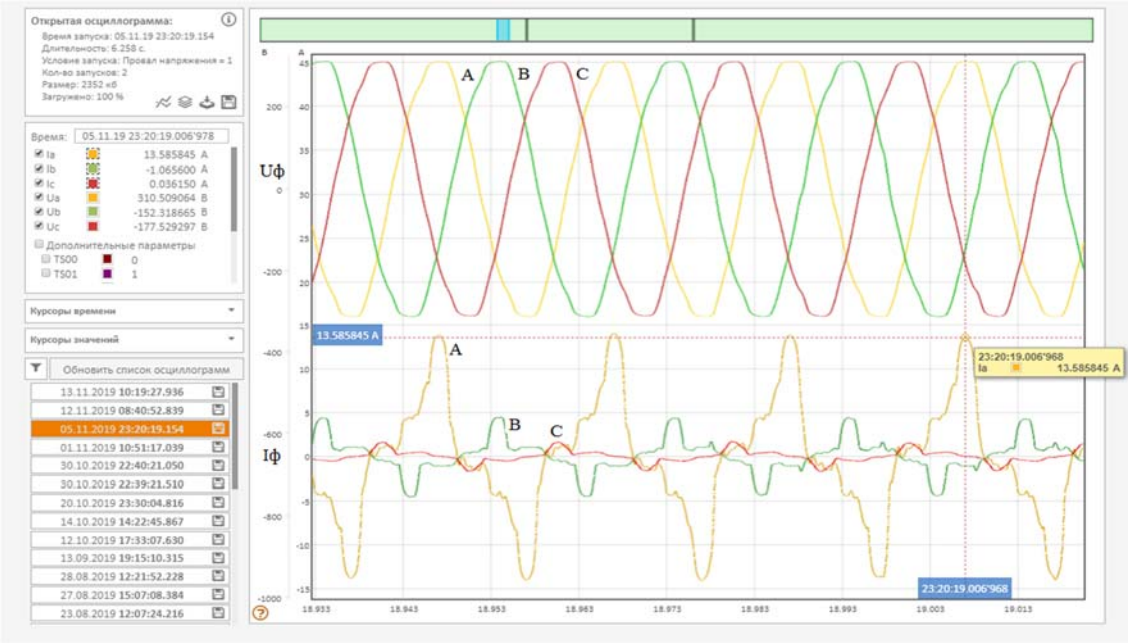


Рис. 2. Осциллограммы мгновенных значений фазных напряжений и токов

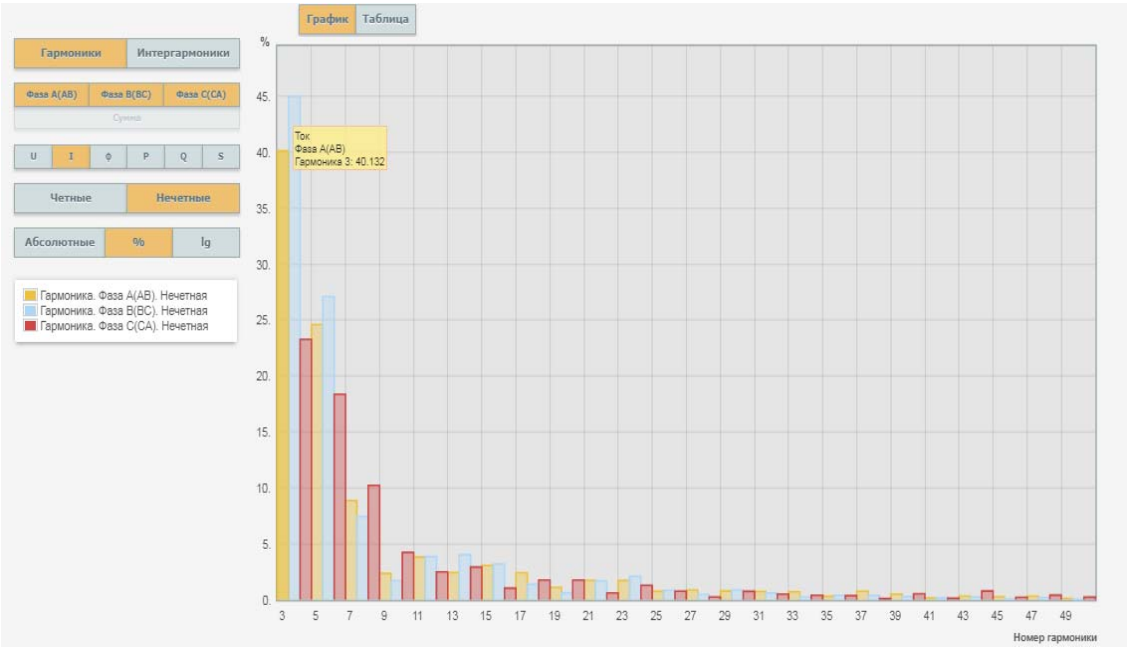


Рис. 3. Спектр коэффициентов гармоник тока, потребляемого нагрузкой

В табл. 1 даны среднеквадратические значения коэффициентов гармоник тока в наиболее загруженной фазе А, рассчитанные из массива одноминутных значений за период наблюдений (1 сутки), в сравнении с нормативными значениями, установленными стандартом IEEE 519. Стоит отметить, что согласно национальным стандартам России нормируются гармоники напряжения (ГОСТ 32144-2013), требования к нормативным значениям гармоник тока отсутствуют.

Таблица 1. Коэффициенты гармоник тока и нормативные значения согласно IEEE 519

n	$K_{I_{(n)}}$,%	$K_{I_{(n)\,\mathrm{IEEE}}}$,%	$K_{I_{(n)}}/K_{I_{(n)\,\mathrm{IEEE}}}$
3	**39,41**	**12,0**	**3,28**
5	**24,80**	**12,0**	**2,07**
7	7,58	12,0	0,63
9	4,94	12,0	0,41
11	3,13	12,0	0,26
13	3,30	5,5	0,60
15	2,76	3,5	0,79
17	3,57	5,0	0,71
19	1,36	5,0	0,27
21	1,50	5,0	0,30

Из табл. 1 следует, что коэффициент гармоники тока третьего порядка превышает нормативное значение в 3,28 раз, пятого порядка – в 2,07 раза, остальные гармоники находятся в пределах норм, установленных стандартом IEEE 519.

Расчет поправочного коэффициента к длительно допустимому току кабеля выполняется согласно методике [2]. Потери активной мощности в четырехжильном кабеле состоят из потерь:

- в фазной жиле $P_{\Sigma}^{фазн} = P_{(1)}^{фазн} + \sum_{n=2}^{50} P_{(n)}^{фазн} = I_{(1)}^2 \cdot R_{(1)} + \sum_{n=2}^{50} I_{(n)}^2 \cdot R_{(n)}$,
- в нулевой жиле $P_{\Sigma}^{нул} = \sum_{n=6k-3}^{50} \left(3 \cdot I_{(n)}\right)^2 \cdot R_{(n)}$,

тогда потери мощности в кабеле

$$P_{\Sigma}^{каб} = 3 \cdot P_{\Sigma}^{фазн} + P_{\Sigma}^{нул} = 3 \cdot I_{(1)}^2 \cdot R_{(1)} \cdot K_{доб},$$

где $I_{(1)}$и $I_{(n)}$ – среднеквадратические значения токов основной частоты и гармоник порядка n, $R_{(1)}$ и $R_{(n)}$ – активные сопротивления жилы кабеля токам основной частоты и гармоник порядка n, $K_{\text{доб}}$ – коэффициент добавочных потерь активной мощности в кабеле от токов высших гармоник.

Для определения длительно допустимого тока кабеля при известном спектральном составе гармоник в потребляемом токе выполняется следующий порядок расчетов.

1. Рассчитывается коэффициент добавочных потерь активной мощности в кабеле от токов высших гармоник:

$$K_{доб} = \left(1 + \sum_{n=2}^{50} (K_{I_{(n)}})^2 \cdot A_{(n)} + 3 \cdot \frac{R_{(1)}^{нул}}{R_{(1)}^{ф}} \sum_{n=3,9\ldots}^{45} (K_{I_{(n)}})^2 \cdot A_{(n)}\right),$$

где $K_{I_{(n)}} = I_{(n)}/I_{(1)}$ – коэффициент гармоник тока порядка n, $A_{(n)} = \left(0{,}187 + 0{,}532 \cdot \sqrt{n}\right)$ – коэффициент, учитывающий активное сопротивление жилы кабеля току гармоники порядка n.

2. Рассчитывается коэффициент высших гармоник тока, характеризующий снижение действующего значения длительно допустимого тока основной частоты:

$$K_{\text{ВГ}} = \frac{1}{\sqrt{K_{\text{доп}}}}.$$

3. Рассчитывается новое значение длительно допустимого тока кабеля с учетом поправок

на токи высших гармоник:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{ВГ}} \cdot I_{\text{доп справ.}} \cdot \sqrt{1 + \sum_{n=2}^{50} (K_{I_{(n)}})^2} .$$

4. Рассчитывается поправочный коэффициент для действующего значения тока с учетом искажений от нелинейной нагрузки:

$$K_{\text{нел}} = \frac{I'_{\text{доп}}}{I_{\text{доп справ.}}} .$$

Результаты расчетов с учетом параметров кабеля и данных табл. 1 приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчетов длительно допустимого тока кабеля

Справочные данные кабеля		Расчетные данные				
$R^{\phi}_{(1)}$, Ом/км	$I_{\text{доп справ.}}$, А	$R^{нул}_{(1)} / R^{\phi}_{(1)}$	$K_{\text{доб}}$	$K_{\text{ВГ}}$	$I'_{\text{доп}}$, А	$K_{\text{нел}}$
0,37	155	1	1,82	0,74	127,5	0,823

В результате расчета поправочного коэффициента, учитывающего влияние высших гармоник токи, для кабеля ВВГ 4×50 получено новое значение длительно допустимого тока кабеля, которое на 17,8 % меньше справочного значения.

Токи высших гармоник, протекая по элементам сети, вызывают падение напряжения на сопротивлениях элементов сети и приводят к искажению показателей качества электрической энергии по напряжению [3]. На рис. 4 показан график изменения напряжения, тока, активной и реактивной мощности, коэффициента гармоники напряжения для составляющей 3-го порядка в фазе А.

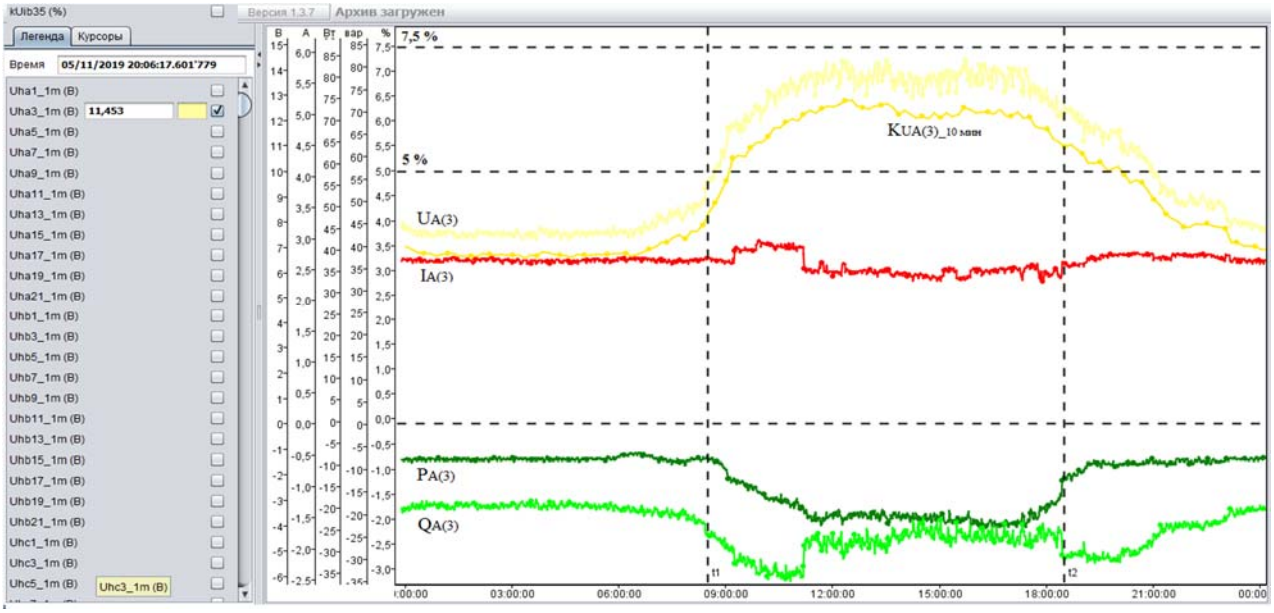


Рис. 4. Изменение в течение суток параметров фазы А для 3-ей гармоники:
$U_{A_{(3)}}$, $I_{A_{(3)}}$, $P_{A_{(3)}}$, $Q_{A_{(3)}}$ – среднеквадратические значения на интервале 1 мин,
$K_{UA_{(3)}}$ – среднеквадратические значения на интервале 10 мин

Для коэффициента гармоники напряжения 3-го порядка $K_{UA_{(3)}}$ в сетях 0,4 кВ согласно ГОСТ 32144-2013 установлены следующие нормы: значения, усредненные в интервале 10 мин, не должны превышать 5% в течение 95% времени наблюдений и 7,5% в течение 100% времени наблюдений. Статистический анализ данных, измеренных в течение периода наблюдений, принятого 1 сутки, показал следующие результаты: значение $K_{UA_{(3)}}$ превысило нормативное значение и достигло 6,29 % в 95% времени наблюдений, относительное время

превышения нормативного значения составило 45,83 %. Предельно допускаемое значение $K_{UA_{(3)}}$ не нарушено. Активная и реактивная мощность 3-ей гармоники имеют отрицательный знак, что подтверждает, что нагрузка вносит вклад в искажение качества электрической энергии по коэффициенту гармоники напряжения 3-го порядка.

Выводы.

1. Измерения в цепи кабеля 0,4 кВ, питающего компьютерную и люминесцентную осветительную нагрузку, подтверждают характерный состав гармоник в потребляемом токе. Коэффициенты гармоник тока 3-го и 5-го порядков превышают нормативные значения, установленные стандартом IEEE 519.

2. Действующее значение длительно допустимого тока кабеля с учетом поправочного коэффициента на токи высших гармоник меньше справочного значения на 17,8%.

3. При проектировании и эксплуатации систем электроснабжения 0,4 кВ необходимо производить оценку и учет влияния высших гармоник тока на электрооборудование, что позволит продлить срок его службы и снизить аварийность в электрических сетях из-за несинусоидальности.

4. Коэффициент гармоники напряжения 3-го порядка превышает нормативное значение, установленное ГОСТ 32144-2013.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева О.А. Новый стандарт функциональности в промышленной автоматизации: интеллектуальные приборы BINOM3 // Автоматизация и IT в энергетике. 2015. № 12 (77). С. 27–34.

2. Симуткин М.Г. Разработка методов оценки влияния нелинейных электроприемников на режимы работы оборудования распределительных сетей: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Москва, 2014. – 163 с.

3. Большаков О.В., Васильева О.А. О происхождении и измерении гармонических искажений в электрических сетях // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Управление качеством электроэнергии». – М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга», 2017. – С. 57–74.

УДК 621.316

В.А. Черенков, Д.В. Иванов, В.Я. Фролов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ ДУГОГАСИТЕЛЬНЫХ КАМЕР 10 кВ, 20 кА С АКСИАЛЬНЫМ И РАДИАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПО ИХ ОТКЛЮЧАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Вакуумные дугогасительные устройства достаточно широко распространены в выключателях среднего класса напряжения [1–3]. При этом конструкции контактов в таких системах отличаются многообразием.

Целью данной работы является определение конструкции контактной системы, обеспечивающей более эффективное отключение тока в вакуумной дугогасительной камере (ВДК) 10 кВ, 20 кА, а именно, выбор между контактами с аксиальным магнитным полем (axial magnetic field – AMF) и контактами с радиальным магнитным полем (radial magnetic field – RMF) при одинаковом диаметре контактов и одинаковом расстоянии между ними. Такой выбор может быть сделан на основе сравнения отключающей способности – основного параметра, определяющего качественную и надёжную работу ВДК, для двух исследуемых конструкций.

Основной метод исследования – моделирование в среде Comsol Multiphysics.

Как на габариты, так и на отключающую способность контактной системы напрямую влияет диаметр контактных поверхностей. Для определения данного параметра используется формула расчета отключающей способности вакуумного выключателя [4]:

$$I = 0.07 \cdot \sqrt{D^3}, \quad (1)$$

где I – отключающая способность, кА; D – диаметр контактных площадок выключателя, мм. Так как отключающая способность модели контактной системы равна 20 кА, то можно определить в первом приближении диаметр контактов:

$$D = \sqrt[3]{(\frac{I}{0.07})^2}, \quad (2)$$

$$D = \sqrt[3]{(\frac{20}{0.07})^2} = 44 \text{ мм}. \quad (3)$$

Получаем исходный радиус контактных пластин, равный 22 мм. Длина каждого контакта 70 мм, расстояние между контактами 5 мм. Общий вид полученной геометрической модели представлен на рис. 1.

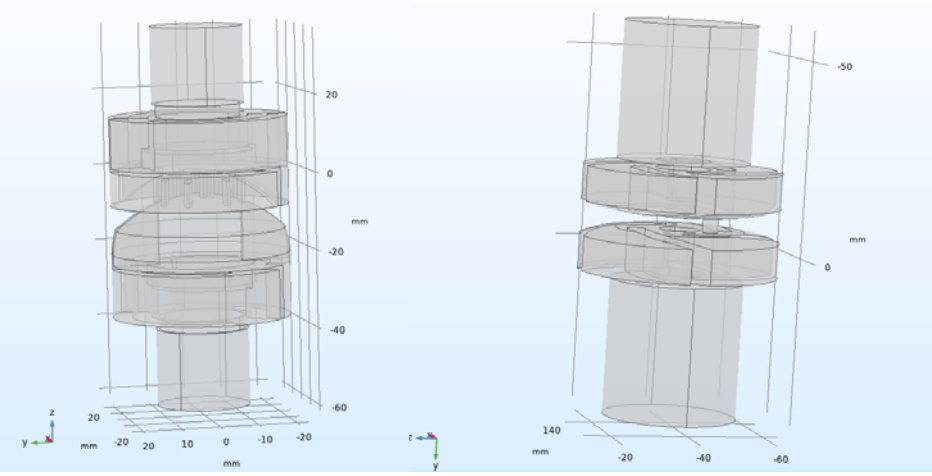


Рис. 1. Общий вид контактной системы AMF(слева) и RMF(справа)

Чтобы оценить отключающую способность, необходимо рассчитать распределение индукции магнитного поля в зазоре между электрическими контактами вакуумной дугогасительной камеры. Численный эксперимент проводится в среде COMSOL Multiphysics.

Для расчетов использовались следующие модули: COMSOL Multiphysics: COMSOL Multiphysics, AC/DC Module, CAD Import Module. В табл. 1 приведены используемые параметры модели.

Таблица 1. Параметры модели в среде COMSOL Multiphysics

Наименование	Величина	Размерность	Описание
$I_{н.откл}$	20000	A	Номинальный ток отключения ВВ
$U_н$	10000	B	Номинальное напряжение
Freq	50	Hz	Частота

Таблица 2. Свойства используемого материала

Свойство	Величина	Размерность
Электрическая проводимость	$4{,}75 \cdot 10^7$	См/м
Удельная теплоемкость при постоянном давлении	404	Дж/(кг·К)
Относительная диэлектрическая проницаемость	1	1
Относительная магнитная проницаемость	1	1
Плотность	8488	кг/м^3
Теплопроводность	324,8	Вт/(м·К)

В работе рассматриваются ВДК с радиальным и аксиальным магнитным полем, в качестве материала контактов которых выбран металлокерамический сплав хром-медь (Cr(30%) – Cu(70%)). В табл. 2 приведены свойства используемого материала.

Результаты моделирования, представленные на рис. 2–5, позволили рассчитать отключающую способность для контактов AMF и RMF.

Отключающая способность контактной системы с аксиальным магнитным полем. На рис. 2 представлено распределение аксиальной составляющей магнитного потока на поверхности контакта с аксиальным магнитным полем. На рис. 3 приведён график распределения аксиальной составляющей магнитного потока вдоль поверхности контакта, который будет использован при определении отключающей способности.

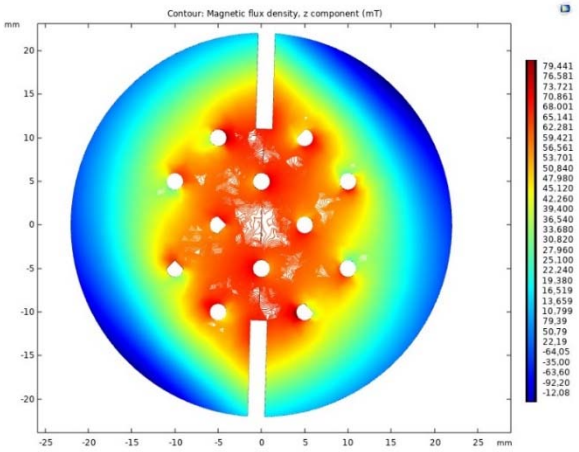


Рис. 2. Аксиальная составляющая индукции магнитного поля

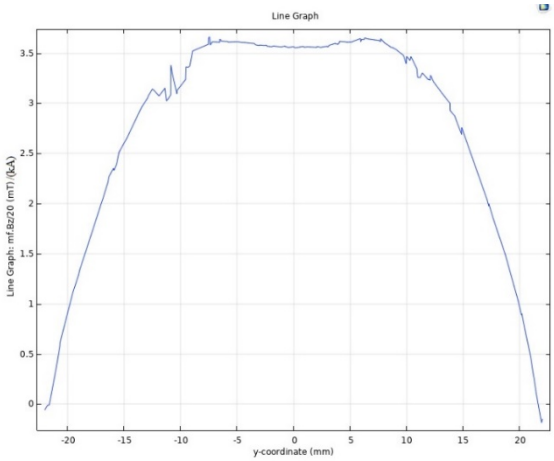


Рис. 3. Распределение удельной продольной составляющей индукции магнитного поля в середине межконтактного промежутка

Ток отключения в случае контактной системы AMF можно определить по следующей формуле [5]:

$$I_{\text{откл}} = k \cdot D^2 \cdot B_z^{\propto}, \quad (4)$$

где k – коэффициент формы контактов, D – диаметр контактов, B_z – удельная аксиальная составляющая индукции магнитного поля, α=0,4 – коэффициент мощности.

Удельная индукция определяется как отношение индукции к величине отключаемого тока. Для контактных систем с аксиальным магнитным полем дуга располагается в области, где удельная индукция больше 3,5-4,0 мТл/кА. Для приведённого ранее распределения (см. рис. 3) примем среднее значение удельной составляющей индукции: 3,65 мТл/кА.

Тогда:

$$I_{\text{откл}} = k \cdot D^2 \cdot B_z^{\propto} = 6.12 \cdot 46^2 \cdot 3.65^{0.4} = 21.55 \text{ кА}.$$

Таким образом, отключающая способность выключателя с контактной системой AMF, полученная в ходе математического моделирования, равна 21,55 кА.

Отключающая способность контактной системы с радиальным магнитным полем. Для определения отключающей способности воспользуемся формулой, полученной в результате опытов по определению влияния ширины зазоров на силу Ампера [6]:

$$F_A = I \cdot d \cdot B \cdot \sin\alpha, \quad (5)$$

где I – отключаемый ток, B – значение индукции плотности магнитного поля, d – расстояние между контактами.

Отсюда формула для определения тока:

$$I = \frac{F_A}{\sin\alpha \cdot d \cdot B}. \quad (6)$$

Значение силы Ампера, действующей на дугу, определяется из результатов моделирования.

На рис. 4 показан вектор силы Лоренца, которая представляет собой удельную силу, т.е. силу, действующую на единичный объем. Чтобы узнать значение силы Ампера, действующей на дугу, нужно умножить силу Лоренца на объём цилиндра с радиусом 2 мм и высотой 5 мм, который при моделировании имитировал дугу:

$$F_{\text{А}} = F_{L\text{мз}} \cdot V\text{ц} = F_{L\text{мз}} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h = 4.9 \cdot 10^9 \cdot 3.14 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 308\ H. \qquad (7)$$

Для определения значения магнитной индукции использовалась картина поля, полученного в результате моделирования (рис. 5).



Рис. 4. Вектор силы Лоренца

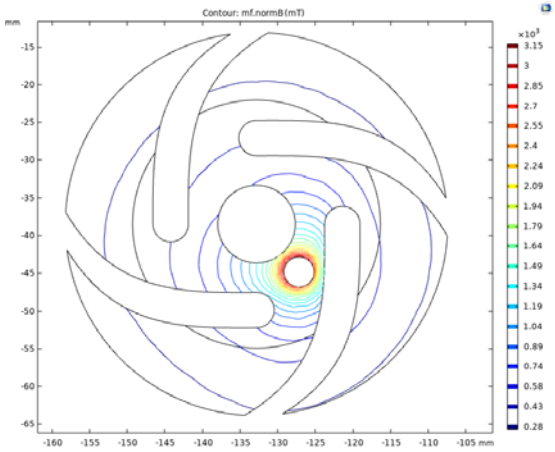


Рис. 5. Распределение индукции магнитного поля на поверхности контакта

Тогда ток отключения контактной системы с радиальным магнитным полем:

$$I = \frac{F_{\text{А}}}{d \cdot B} = \frac{308}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 3150 \cdot 10^{-3}} = 18{,}56\ \text{кА}. \qquad (8)$$

Таким образом, в результате моделирования получены значения отключающей способности для двух контактных систем с одинаковыми геометрическими параметрами (диаметр электродов, расстояние между ними), но с разной формой магнитного поля. Для контактной системы с аксиальным магнитным полем значение $I_{\text{откл}} = 21{,}55$ кА, а для контактной системы с радиальным магнитным полем $I_{\text{откл}} = 18{,}56$ кА.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее предпочтительным для работы вакуумного выключателя 10 кВ, 20 кА будет выбор конфигурации контактов с аксиальным магнитным полем. Кроме того, учитывая, что в выбранной контактной системе дуга имеет диффузионный характер, нагрев контактов будет происходить менее интенсивно, что, приводит к меньшей эрозии контактов, что, в свою очередь, увеличивает срок службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chaly, A.M. High-current vacuum arc in a strong axial magnetic field / A.M. Chaly, A.A. Logatchev, K.K. Zabello, S.M. Shkol'nik // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2007. – Т. 35. – № 4. – С. 939–945.

2. Забелло, К.К. Характеристики статистического распределения тока, пропускаемого катодным пятном вакуумной дуги, в магнитных полях различной ориентации / К.К. Забелло, А.А. Логачёв, А.М. Чалый, С.М. Школьник // Журнал технической физики. – 2009. – Т. 79. – № 6. – С. 58–66.

3. Chaly, A.M. Low-current vacuum arcs with short arc length in magnetic fields of different orientations: a review / A.M. Chaly, S.M. Shkol'nik // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2011. – Т. 39. – № 6, PART 1. – С. 1311–1318.

4. Белкин, Г.С. Коммутационные процессы в электрических аппаратах / Г.С. Белкин. – М.: Знак, 2003. – 237 с.

5. Liu, Z. An Interrupting Capacity Model of Axial Magnetic Field Vacuum Interrupters with Slot Type Contacts/ Z. Liu, S. Cheng, X. Zhang, J. Wang, Q. Wang and G. He // 2006 International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. – 2006. С. 297–300.

6. Муллин, В.В. Оценка скорости перемещения дуги в вакуумных дугогасительных камерах с поперечным магнитным полем / В.В. Муллин, М.А. Фурсаев. – Вестник СГТУ. – 2012. – № 2 (66). – Вып. 2. – С. 136–138.

УДК 621.314

И.В. Попов, А.В. Сюткин, Г.А. Евдокунин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В статье исследуется зависимость величины электродинамических (ЭД) усилий на обмотки трансформатора в режимах короткого замыкания и холостого хода в момент протекания по обмотке ВН броска тока намагничивания. В работе исследуется трансформатор ЭТЦНД-160000/35. Математическая модель реализована в программной среде COMSOL Multiphysics, которая является средой моделирования, позволяющей рассчитывать любые физические процессы, которые могут быть описаны в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. В работе представлено описание математической модели, построены картины магнитного поля для режимов ХХ и КЗ, осциллограммы токов и напряжений, по результатам которых рассчитаны ЭД усилия.

В настоящее время мировая практика проверки трансформаторов на электродинамическую прочность основана на натурных испытаниях трансформатора при протекании по его обмоткам токов КЗ [1, 2]. Тем не менее, при расчетах режимов связанных с коммутацией трансформаторов на холостой ход нередко получаются броски тока ХХ по амплитуде сравнимые с величиной токов КЗ [3]. Ниже на рис. 1 приведена расчетная осциллограмма тока для включения на ХХ трансформатора на Тяньваньской АЭС.

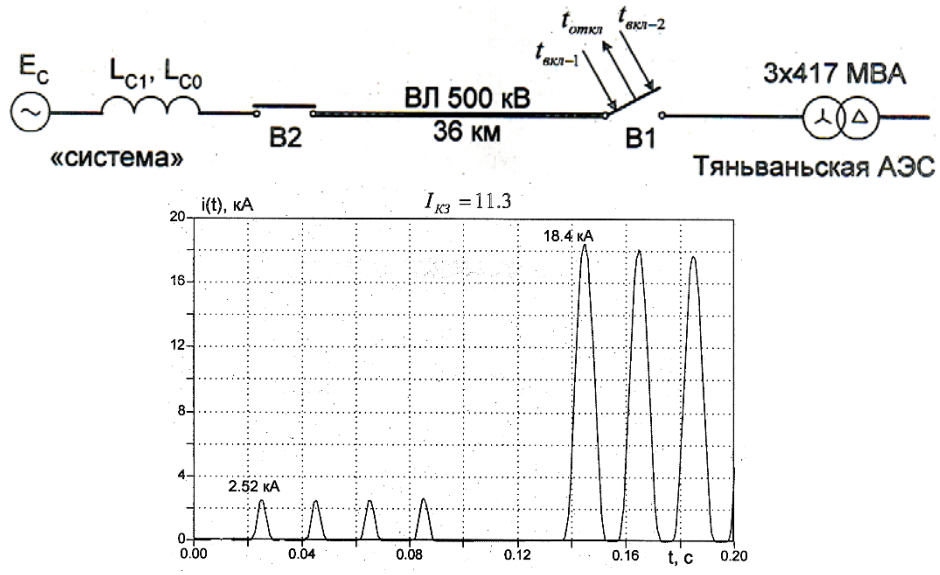


Рис. 1. Расчетная схема и осциллограмма расчета броска тока ХХ для Таньваньской АЭС

Т.е. если при первой коммутации в момент $t_{\text{вкл }1}$ величина тока относительно небольшая, то при повторной коммутации в момент $t_{\text{вкл }2}$ величина тока ХХ уже сопоставима с ударным значением тока КЗ:

$$I_{\text{уд}} = k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{КЗ}} = 2 \cdot 11.3 = 22.6 \text{ кА}.$$

Основными факторами, определяющими ЭД усилия, являются величина тока в обмотке и величина магнитного поля, окружающая эту обмотку. Т.о. в случае если величины токов

сопоставимы, то параметры магнитного поля будут определяющим фактором в вопросе о соотношении ЭД усилий в режимах КЗ и ХХ [4]. Конструкция и геометрические параметры сердечника и обмоток были взяты для трансформатора ЭТЦНД-160000/35.

Цель данной статьи – провести сравнение ЭД усилий в трансформаторе для двух режимов работы: ХХ и КЗ при условии, что величины токов в данных режимах будут сопоставимы.

Первый режим, исследуемый в статье – режим включения трансформатора на холостой ход в момент перехода напряжения сети через 0, т.к. в этом случае бросок тока ХХ максимален. Напряжение подается на обмотку ВН, обмотка НН разомкнута.

Второй режим – работа трансформатора в режиме КЗ. Т.к. в данной работе исследуется отличие режимов ХХ и КЗ с точки зрения распределения магнитного поля, то для упрощения сравнений результатов, на обмотку ВН подавался синусоидальный ток, по амплитуде равный максимальному значению броска тока намагничивания, полученного в опыте ХХ. Обмотка НН закорочена.

Описание математической модели. В данной статье представлена математическая модель трансформатора ЭТЦНД-160000/35, реализованная в среде моделирования COMSOL Multiphysics. Данная среда была выбрана потому, что она позволяет создавать очень гибкие модели с возможностью настройки любых параметров, а также дает возможность совместно решать задачи из разных областей физики: например, расчет ЭМ полей и механических деформаций, нагрева или акустических колебаний.

Модель описывается системой уравнений Максвелла, дополненной законом Ома в дифференциальной форме:

1. Электрические поля: $D = \varepsilon E \Rightarrow \partial_t D = \varepsilon \partial_t E.$ (1)
2. Магнитные поля: $H = \mu^{-1} B.$ (2)
3. Закон Ома: $J_f = \sigma E.$ (3)
4. Закон Ампера-Максвелла: $\nabla \times H = J_f + J_e + \partial_t D.$ (4)
5. Подставляем (1), (2), и (3) в (4): $\nabla \times (\mu^{-1} B) = \sigma E + \varepsilon \partial_t E + J_e.$ (5)
6. Переходим к формулировке векторного потенциала$ $B = \nabla \times A.$ (6)
7. Закон Фарадея: $\nabla \times E = -\partial_t B.$ (7)
8. Подставляем (6) в (7): $\nabla \times E = -\partial_t (\nabla \times A) \Rightarrow E = -\partial_t A.$ (8)
9. Подставляем (8) и (6) в (5): $\nabla \times (\mu^{-1} \nabla \times A) = -\sigma(\partial_t A) - \varepsilon(\partial_t^2 A) + J_e.$ (9)

Решаем относительно A, затем рассчитываем поле как $B = \nabla \times A$. Для электрического поля:

$$-\nabla \cdot \partial_t(\varepsilon_r \varepsilon_0 \nabla V - \boldsymbol{P}) - \nabla \cdot (\sigma \nabla V - \boldsymbol{J}_e) = Q_i, \quad (10)$$

что, путем показанных выше преобразований, сводится к решению дифференциального уравнения относительно векторного магнитного потенциала, через который потом рассчитываются все остальные величины, такие как напряженность и индукция поля. Аналогично получается уравнение для электрического поля через вектор поляризации.

На рис. 2 приведены геометрия и размеры рассматриваемого трансформатора.

Результаты расчета.

На рис. 3 приведены схемы режимов работы ХХ (а), КЗ (б), результаты расчета даны на рис. 4, 5.

Как видно из рис. 4, 5, вблизи обмотки ВН поле в режиме ХХ достигает величины в 0,8–0,85 Тл, что в 1,7 раз (0,85/0,5) больше чем в случае КЗ. Т.е. можно сделат вывод о том, что при равных токах ЭД усилия в режиме ХХ будут больше. При этом в режиме КЗ поле практически полностью сосредоточено между обмотками ВН и НН, тогда как в режиме ХХ оно замыкается по магнитопроводу. Это объясняется тем, что токи в обмотках ВН и НН в режиме КЗ протекают во встречных направлениях, и магнитные поля, создаваемые ими, компенсируют друг друга во всех областях, кроме области между обмотками.

Расчет ЭД усилий производится с использованием выражения для силы Ампера по (11)

$$F = I \cdot \int_0^V BdV. \qquad (11)$$

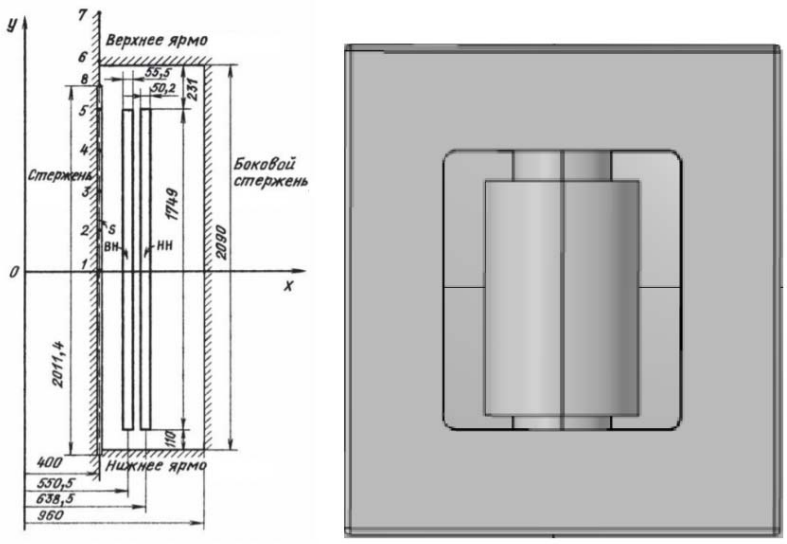


Рис. 2. Размеры и геометрия модели трансформатора ЭТЦНД-160000/35, число витков ВН=211, НН=5

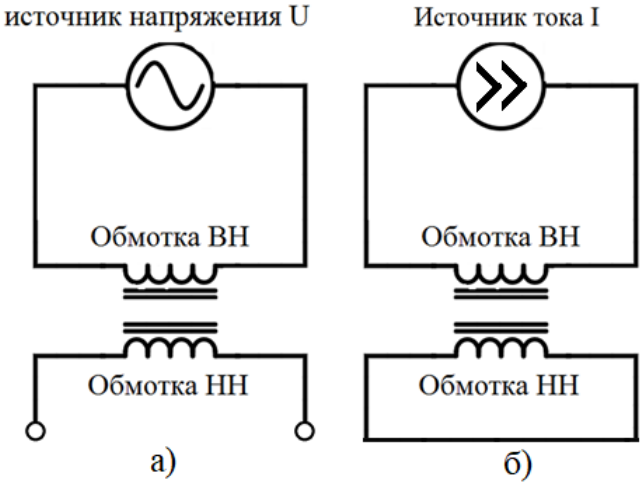


Рис. 3. Схемы режимов работы ХХ(а), КЗ(б)

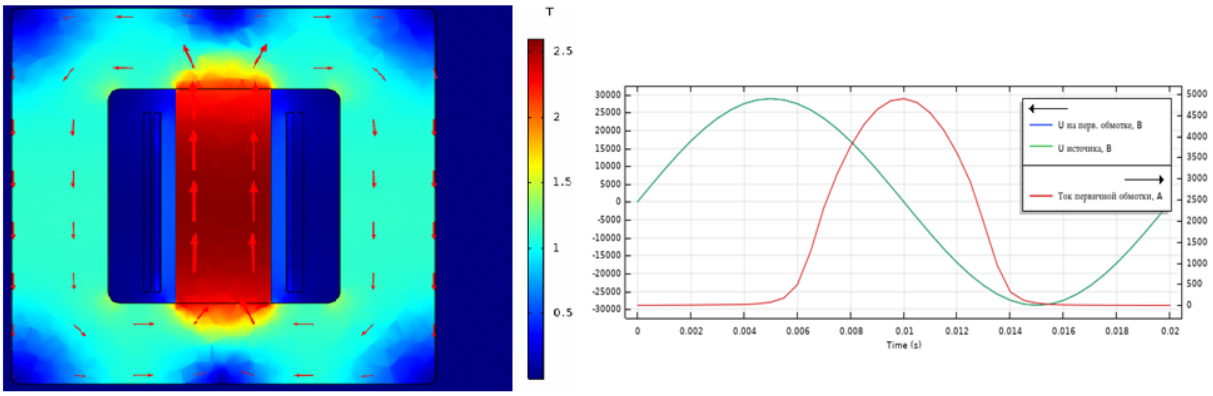


Рис. 4. Слева – картина магнитного поля вблизи сердечника в режиме ХХ в момент максимума тока, Справа – осциллограммы токов и напряжений для ХХ. Режим КЗ

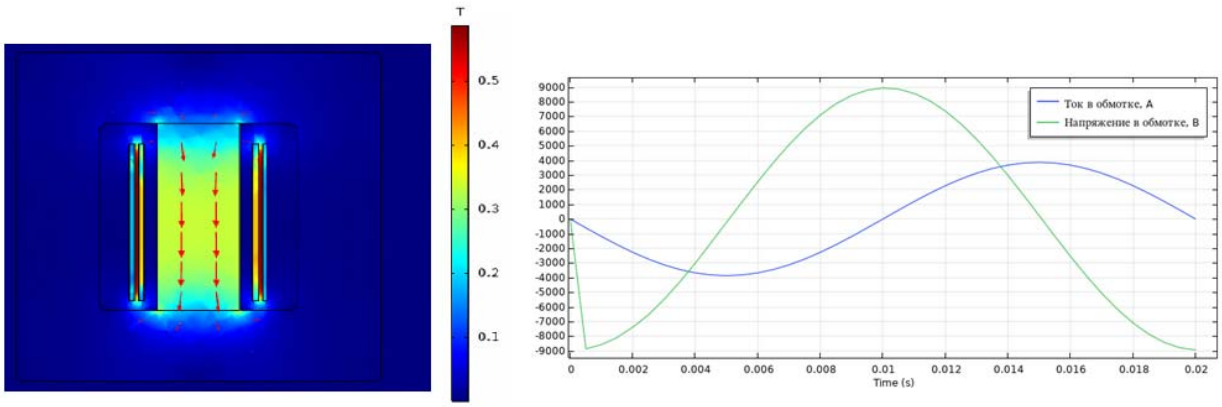


Рис. 5. Слева – картина магнитного поля вблизи сердечника в режиме КЗ в момент максимума тока, Справа – осциллограммы токов и напряжений в обмотке ВН для КЗ

Рассчитываются радиальная и осевая компоненты силы F_r и F_z, радиальная компонента в дальнейшем преобразуется в давление на поверхность обмотки, т.к. при суммировании F_r по всей окружности обмотки получим 0 в силу симметрии.

$$P_r = \frac{dF_r}{dS}.$$

В табл. 1 представлены результаты расчета ЭД усилий на обмотки.

Таблица 1. ЭД усилия в обмотках в режимах КЗ и ХХ

		Осевые силы		Радиальные механические напряжения
		на нижнюю опору	наибольшего сжатия	МПа
		Н		
КЗ	Обмотка ВН	2404	27578	0.135
	Обмотка НН	196	24865	0.135
ХХ	Обмотка ВН	6300	64351	0.12
	Обмотка НН	0	0	0

Выводы. Результаты расчета показывают, что при сопоставимых значениях токов КЗ ЭД усилия, действующие на обмотки в осевом направлении в случае КЗ могут существенно ($\frac{64351}{27578} = 2{,}37$) превышать аналогичные усилия в режиме КЗ. Т.о. рекомендуется провести более углубленные исследования в данном направлении, проанализировать зависимости соотношения ЭД в разных режимах от взаимного положения обмоток ВН и НН, величины воздушных зазоров, различных конструкций сердечника.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 55188-2012 (МЭК 60076-5:2006) Трансформаторы силовые. Стойкость к коротким замыканиям. – Введ. 01.02.2014.

2. Хренников А.Ю. Основные причины повреждения обмоток силовых трансформаторов напряжением 110–500 кВ в процессе эксплуатации // Промышленная энергетика, 2006, № 12. С. 12–14.

3. Горшунов В.Ю., Капустин Д.С. Электродинамическая стойкость силовых трансформаторов недостаточна // Новости электротехники. – 2003. – № 3(21).

4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник для электротехн., энерг., приборостроит. спец. вузов. – М.: Высш. шк. 1986. – 263 с.

УДК 621.039

А.Е. Молоскин, И.Л. Парамонова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРИУМА В УСТРОЙСТВЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ПОДКРИТИЧНОСТИ ДЛЯ СТАЦИОНАРНОЙ ТОПЛИВНОЙ ЗАГРУЗКИ ВВЭР

Обеспечение безопасности ядерной установки является одной из первостепенных задач ядерной энергетики. При этом недостаточно лишь минимизировать вероятность аварии, необходимо свести к минимуму и ее возможные последствия. Выделяют целый ряд аварийных ситуаций, особняком среди которых стоят тяжелые запроектные аварии с расплавлением активной зоны и образованием кориума – расплава из компонентов активной зоны. Горячий кориум, в котором продолжается реакция деления, может проплавить корпус реактора и повредить фундамент, что, в частности, приведет к выходу радиоактивных веществ в окружающую среду. Такой сценарий недопустим с точки зрения безопасности, и именно с целью его недопущения под корпусом устанавливается устройство локализации расплава (УЛР), заполненное жертвенными материалами (ЖМ) [1]. УЛР позволит существенно минимизировать последствия тяжелой запроектной аварии.

В случае аварии с образованием кориума, УЛР должно удержать расплав внутри своего корпуса, обеспечивая его остывание и не позволяя радиоактивным веществам распространиться за пределы контайнмента.

Одним из важнейших вопросов, возникающих при анализе процесса удержания кориума в УЛР является обеспечение подкритичности расплава на всех этапах его жизненного цикла, начиная с попадания в УЛР и заканчивая его полным остыванием. До недавнего времени при обосновании подкритичности приходилось использовать различные приближения, не позволяющие отразить реалистичную картину. К счастью, современные программные комплексы позволяют рассматривать достаточно большой спектр моделей вероятных состояний расплава и учитывать действительную геометрию УЛР. Это дает возможность не только уходить от приближений, но и рассматривать более экзотичные и потенциально опасные состояния, рассмотрение которых было ранее недоступно. Такие возможности, к примеру, открывает перед пользователем программа TDMCC [2, 3], реализующая метод Монте-Карло для моделирования переноса нейтронов.

При анализе аварии важно понимать, в какой момент эта авария произошла. В случае с анализом поведения кориума ответ на этот вопрос позволит получить изотопный состав расплава на момент аварии, что определит его дальнейшее поведение. Особый интерес представляет стационарная загрузка активной зоны, поскольку именно в данном режиме загрузки реактор работает большую часть своего срока службы. На сегодняшний день считается, что топливо сразу после перегрузки, обладая более высоким содержанием ^{235}U, реализует больший K_{eff}, а значит этот случай более консервативен. Тем не менее, готовое к перегрузке (отработавшее) топливо содержит большее количество ^{239}Pu, также являющегося делящимся материалом. Хотя сейчас в анализе безопасности рассматривается лишь случай свежего топлива, выглядит уместным вопрос: какое из возможных состояний топлива на момент аварии – свежее после перегрузки или отработавшее – реализует больший коэффициент размножения нейтронов K_{eff} внутри УЛР? Для ответа на этот вопрос в качестве примера была рассмотрена активная зона проекта ЛАЭС-2.

Цель работы – обосновать подкритичность расплава в УЛР станции ЛАЭС-2 для стационарной топливной загрузки, сравнить поведение систем со свежеперегруженным и отработавшим топливом.

В ходе своего жизненного цикла внутри УЛР кориум проходит две существенных стадии – гомогенную и гетерогенную. Первая стадия предполагает попадание кориума в УЛР, смешивание его с ЖМ и инверсию с подачей воды на поверхность расплава. Вторая же стадия представляет собой растрескавшийся в результате остывания расплав с пустотами, которые заполняются водой. Интерес для рассмотрения в вопросе безопасности представляет именно вторая стадия, поскольку вода, попадающая в образующиеся пустоты, «смягчает» спектр нейтронов, концентрация тепловых нейтронов в единице объема увеличивается – что может спровоцировать вторичную критичность расплава. Первая же стадия, хотя она и интересна для полного описания картины, не представляет опасности со стороны вторичной критичности – ввиду ряда факторов расплав на данной стадии находится в глубоко подкритическом состоянии.

Перед непосредственным расчетом критичности кориума в УЛР проведена подготовительная работа. В рассматриваемом случае это расчет изотопного состава зоны на момент аварии. Для каждой кассеты с помощью программы TDMCC, в соответствии с картой выгорания зоны, был рассчитан изотопный состав, который затем был усреднен по всей зоне для получения характеристик «средней кассеты». Результат расчета приведен в табл. 1. Величины указаны в килограммах на тонну чистого природного урана.

Таблица 1. Среднее массовое содержание тяжелых нуклидов в топливе при стационарной загрузке (в кг/тU)

Топливо	^{235}U	^{236}U	^{238}U	^{239}Pu	^{240}Pu	^{241}Pu	^{242}Pu
Свежее	27,87	3,48	935,93	4,46	1,32	0,90	0,25
Выгоревшее	17,85	5,10	925,95	6,20	2,07	1,42	0,48

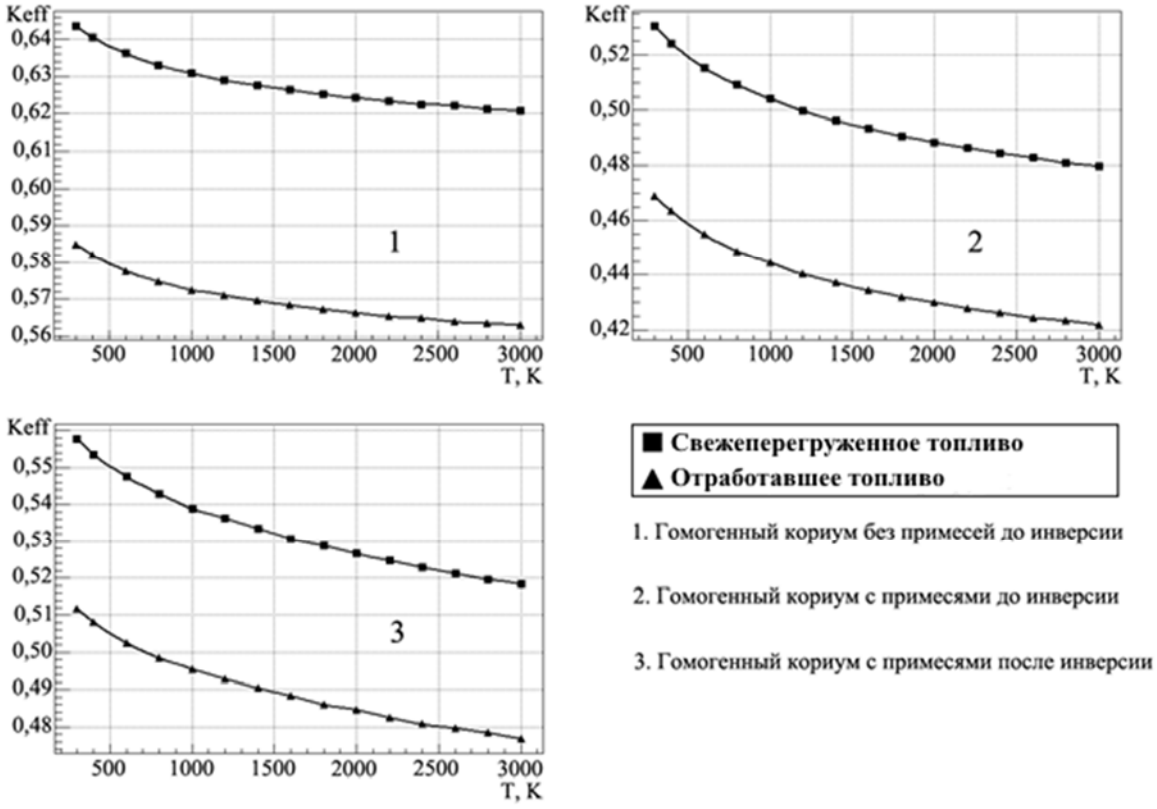


Рис. 1. Зависимость коэффициента размножения нейтронов K_{eff} от температуры для гомогенного кориума

Полученный изотопный состав позволит моделировать кориум внутри УЛР с актуальными для момента аварии характеристиками.

Расчет эффективного коэффициента размножения нейтронов K_{eff} целесообразно начать с анализа гомогенного состояния кориума. Жертвенные материалы, содержащиеся в УЛР и перешедшие в кориум, а также материалы расплавленных оболочек твэлов, приводят лишь к снижению K_{eff} – увеличивается объем, следовательно, снижается концентрация делящихся материалов, нельзя забывать и о паразитном захвате тепловых нейтронов ЖМ. Для оценки возможного предела K_{eff} для гомогенного кориума рассматривался, в том числе, случай чистого топлива, не содержащего никаких примесей. Результаты расчетов представлены на рис. 1. Температура кориума варьировалась в широких пределах, что позволяет судить о поведении K_{eff} в процессе остывания расплава. Массы и плотности возможных примесей показаны в табл. 2.

Из рис. 1 видно, что K_{eff} растет с понижением температуры. В табл. 3 приведены максимальные значения K_{eff} (при 300 К) для всех случаев.

Таблица 2. Массы и плотности возможных примесей

Вещество	Масса, т	Плотность, г/см^3
UO_2	87,042	9,407
ZrO_2	38,455	5,15
Al_2O_3	20,560	3,05
FeO	39,634	5,13
SiO_2	3,688	2,39

Таблица 3. Результаты расчета K_{eff} для гомогенного кориума

Топливо	Чистое топливо до инверсии	С примесями до инверсии	С примесями после инверсии
Свежее	0,643618	0,530578	0,557775
Отработавшее	0,584947	0,468902	0,511673

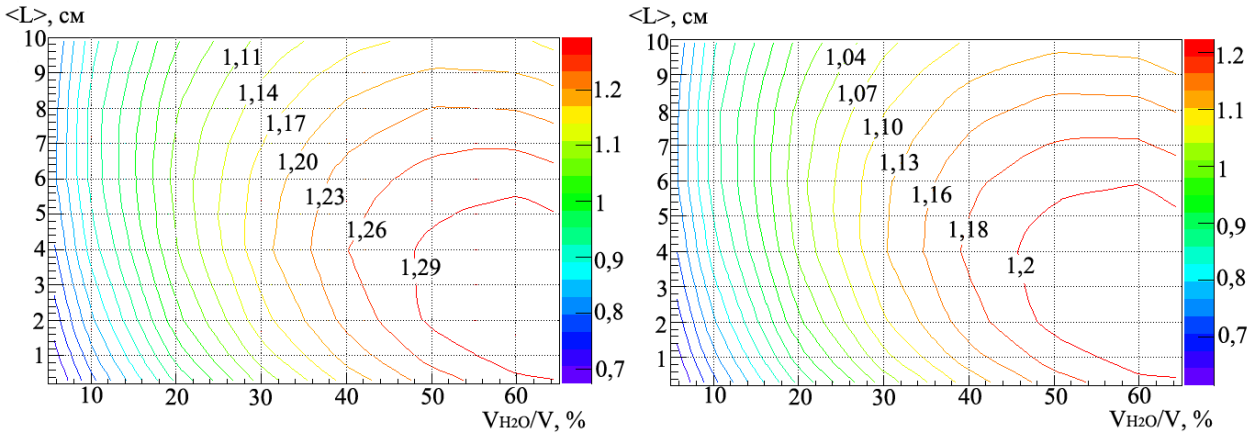


Рис. 2. Распределение K_{eff} в гетерогенном кориуме из свежеперегруженного (слева) и отработавшего (справа) топлива в зависимости от среднего размера пустот и их доли от общего объема среды

В то время как гомогенная система находится в глубоко подкритическом состоянии, гетерогенная может достигнуть критического состояния. Поскольку на сегодняшний день отсутствуют достоверные данные об объеме и размерах образующихся пустот в остывшем кориуме, требуется варьировать оба параметра в широких пределах для получения реалистичной картины возможных состояний. На рис. 2 представлено распределение K_{eff} в гетерогенном кориуме для свежего и отработавшего топлива.

Из рис. 2 видно, что как в свежем, так и в отработавшем топливе, существует возможность достижения надкритического состояния, хотя K_{eff} для отработавшего топлива ниже. Для снижения значения K_{eff} необходимо добавление в ЖМ вещества, являющегося сильным поглотителем нейтронов. Таким веществом является гадолиний, добавляемый к ЖМ в виде Gd_2O_3.

Для определения необходимого количества оксида гадолиния требовалось провести расчеты, варьируя его содержание до достижения системой максимального K_{eff}≈0,9, что, в свою очередь, позволило говорить о стабильной подкритичности системы (с учетом неопределенности расчетов 3%). На рис. 3 показаны результаты расчетов K_{eff} для свежего топлива с добавлением оксида гадолиния в долях от массы ЖМ. Рассматривался лишь случай свежего топлива по причине очевидно большего K_{eff} согласно результатам. В табл. 4 приведены значения максимального K_{eff} для свежего и отработавшего топлива без добавления Gd_2O_3 к жертвенным материалам, а также с добавлением Gd_2O_3 (в долях от массы жертвенных материалов).

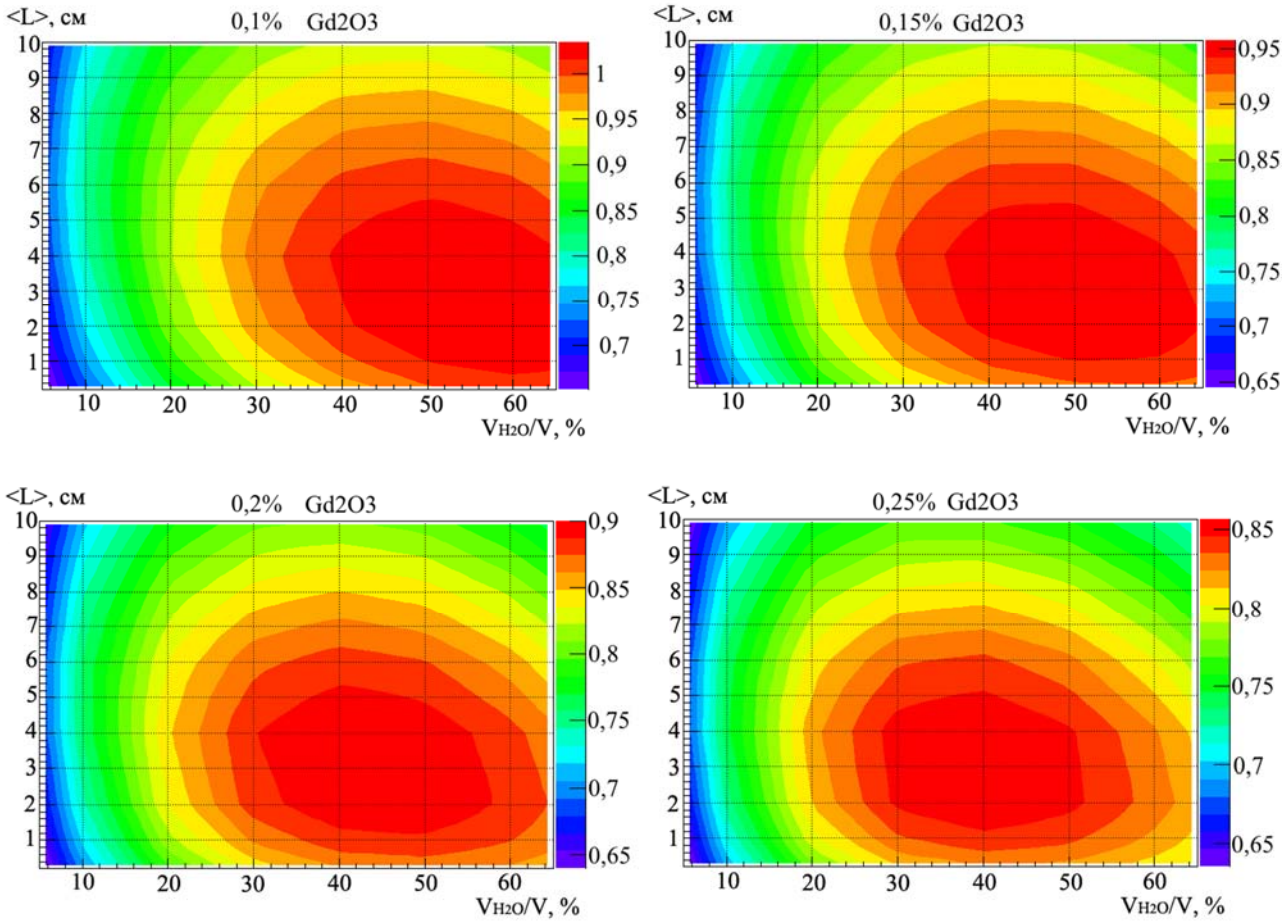


Рис. 3. Распределение K_{eff} в гетерогенном кориуме из свежеперегруженного топлива в зависимости от количества оксида гадолиния в жертвенных материалах

Таблица 4. Максимальные значения K_{eff}, реализуемые в гетерогенном кориуме. Соответствующие средние размеры пустот, их доля, и содержание Gd_2O_3 в % от массы ЖМ

	Отр. топл.	Св. топл.	0,1% Gd_2O_3	0,15% Gd_2O_3	0,2% Gd_2O_3	0,25% Gd_2O_3
Max K_{eff}	1,228068	1,295770	1,040362	0,962127	0,904887	0,861520
<L>, см	2,895	2,552	2,846	2,993	2,993	2,993
V_{H2O}/V, %	59,9	61,4	54,2	47,9	43,4	39,2

Расчеты показали, что требуемые значения K_{eff} достигаются при добавлении Gd_2O_3 к ЖМ в количестве 0,2% от их массы.

Вывод. В работе обоснована подкритичность расплава в УЛР на всех стадиях его жизненного цикла. Для выполнения условия $K_{eff} \approx 0,9$ требуется добавление Gd_2O_3 к ЖМ в количестве порядка 0,2% от их массы. При сравнении поведения расплава, полученного из свежеперегруженного топлива и расплава, полученного из отработавшего топлива, выявлено, что расплав свежего топлива реализует большее значение K_{eff} в УЛР, а значит именно этот случай, как более консервативный, следует учитывать при анализе безопасности ВВЭР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асмолов В.Г., Сулацкий А.А., Бешта С.В. и др. Взаимодействие расплава активной зоны ядерного реактора с оксидным жертвенным материалом устройства локализации для АЭС с ВВЭР // ТВТ. – 2007. – Т. 45. – № 1. – С. 28–37.

2. Житник, А.К., Семенова, Т.В., Рослов, В.И., Огнев, С.П., Иванов, Н.В., Артемьева, Е.В. Программа TDMCC (Time-Dependent Monte Carlo Code) // Свидетельство о государственной регистрации №2010614412.: ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ», 2010.

3. Аттестационный паспорт программного средства TDMCC // № 407. – Москва: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), 2016.

УДК 621.694.31

А.С. Клюев, Е.А. Иванов, Я.И. Чернышев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА И ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДИКИ ЧИСЛЕННОГО РАСЧЁТА ВОДОСТРУЙНОГО ЭЖЕКТОРА

Моделирование физических процессов течения вязкой жидкости требует учитывать влияние большого числа параметров. К таким параметрам относятся: тип расчётной сетки (структурированная или неструктурированная), число элементов расчетной области, соответствие этих элементов параметрам качества, тип граничных условий и т. д. [1]. Поскольку к настоящему времени недостаточно отработаны модели, которые позволяют учесть отклонения результатов численного расчета, перед исследованием каждого конкретного случая следует провести ряд предварительных расчетов, которые позволят удостовериться в адекватности применяемой модели.

Целью работы является разработка цифровой модели течения жидкости в проточной части струйного насоса, а также верификация этой модели путем сравнения результатов расчёта с экспериментальными данными.

Результаты. Верификация численного моделирования струйного насоса была проведена с использованием экспериментальных данных полученных в Лаборатории гидромашиностроения СПбПУ при испытаниях струйного насоса. Схема исследуемого аппарата представлена на рис. 1.

Основной принцип работы струйного насоса заключается в передаче кинетической энергии одного потока жидкости (рабочего) другому (инжектируемому) путём непосредственного контакта (смешения) [2]. Потоки рабочей и инжектируемой сред поступают в камеру смешения, где происходит выравнивание скоростей, сопровождающееся повышением давления. Из камеры смешения поток поступает в диффузор, где происходит дальнейший рост давления [3].

Построение расчетной сетки было выполнено в программном модуле ANSYS Meshing. Расчетная сетка – неструктурированная, тип элементов – тетраэдры, на стенках сгенерированы призматические слои для обеспечения требований *k-e* модели турбулентности.

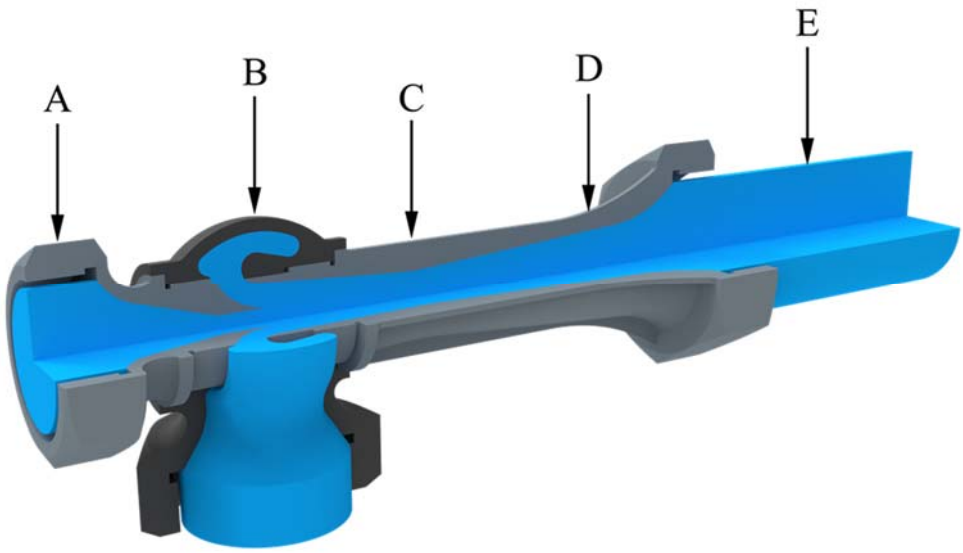


Рис. 1. Схема струйного насоса: *A* – рабочее сопло; *B* – приёмная камера; *C* – камера смешения; *D* – диффузор; *E* – расчётный объём жидкости

Расчет выполнялся в CFD пакетах ANSYS CFX и ANSYS Fluent. Тип расчета – стационарный, рабочая среда – вода при T = 20°C, модель турбулентности – *k-epsilon*, тип граничных условий (ГУ) приведен в табл. 1.

Таблица 1. Граничные условия

Граница	Тип граничного условия	Условное обозначение
Вход рабочей жидкости	Total Pressure	P_p
Вход инжектируемой жидкости	Total Pressure	P_u
Выход смешанного потока	Static Pressure	P_c

Таблица 2. Результаты расчёта на сеточную сходимость

№	Число элементов	Число узлов	$G_{p\ Экс.}$	$G_{p\ Fluent}$	$\delta_{p\ Fluent}$	$G_{c\ Экс.}$	$G_{c\ Fluent}$	$\delta_{c\ Fluent}$
	-	-	кг/с	кг/с	%	кг/с	кг/с	%
1	1 711 115	675 468	3,589	3,724	3,74	7,198	6,896	-4,20
2	2 499 489	940 804	3,589	3,727	3,83	7,198	6,929	-3,74
3	3 546 992	1 251 347	3,589	3,727	3,83	7,198	6,935	-3,66
4	4 615 189	1 548 986	3,589	3,730	3,91	7,198	7,153	-0,63
5	5 502 019	1 788 452	3,589	3,731	3,95	7,198	7,145	-0,75
6	6 438 480	2 035 262	3,589	3,731	3,96	7,198	7,150	-0,67

Перепад давления был выбран в качестве ГУ, поскольку от данного струйного насоса требуется обеспечение определенного расхода смешанной среды при заданном противодавлении.

Для получения достаточной точности совпадения результатов расчёта с экспериментальными данными необходимо определить оптимальное количество элементов расчётной сетки. Для исключения влияния размерности расчетной сетки на решение задачи было проведено исследование на сеточную сходимость, результаты которого представлены табл. 2.

На рис. 2 представлена зависимость массового расхода смешанной среды на выходе из насоса G_c от количества элементов расчетной сетки, откуда видно, что сгущение сетки свыше 4,6 млн ячеек не приведет к значительному повышению точности расчёта.

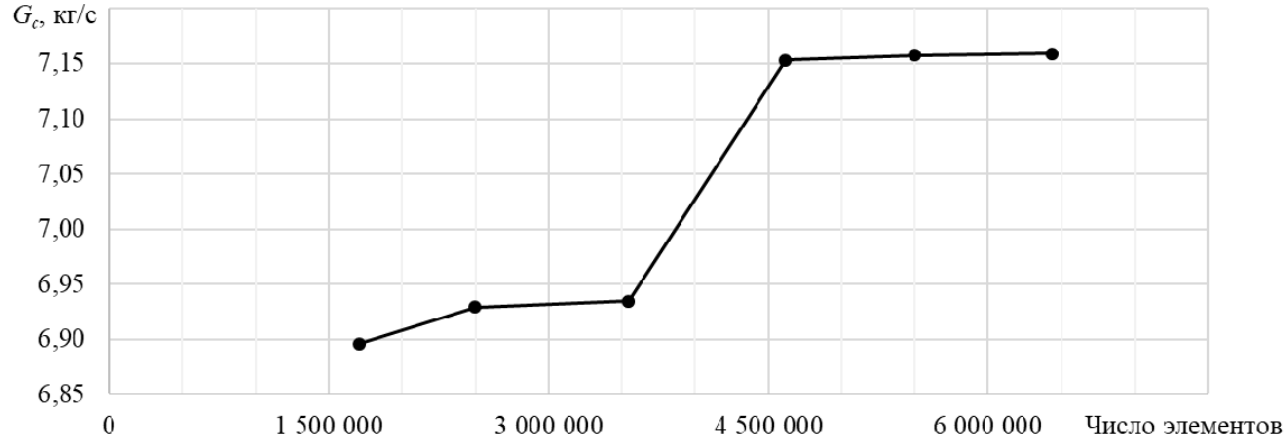


Рис. 2. Исследование сеточной сходимости

Верификационный численный расчёт характеристики струйного насоса был проведен при различных давлениях, значения которых представлены в табл. 3. В табл. 4 представлены значения массового расхода рабочей жидкости G_p, полученные в результате эксперимента, расчётов в пакетах ANSYS Fluent и ANSYS CFX, а также отличия в результатах. Аналогичные данные приведены и для массового расхода смешанной среды G_c. На рис. 3 и 4 представлены графики зависимости массовых расходов рабочей и инжектируемой сред от напора рабочей жидкости.

Таблица 3. Граничные условия для выполнения расчета

№	P_p, Па	P_u, Па	P_c, Па
1	787 557	-19 083	140 742
2	689 538	-16 851	121 181
3	591 502	-15 145	103 576
4	493 558	-13 821	89 883
5	395 528	-11 434	70 322
6	297 488	-9 964	52 717

Таблица 4. Результаты расчёта характеристики струйного насоса

№	G_p Экс.	G_p Fluent	δ_p Fluent	G_p CFX	$\delta_{p\,CFX}$	G_c Экс.	G_c Fluent	δ_c Fluent	G_c CFX	$\delta_{c\,CFX}$
	кг/с	кг/с	%	кг/с	%	кг/с	кг/с	%	кг/с	%
1	3,589	3,727	3,83	3,779	5,29	7,198	6,929	-3,74	6,885	-4,35
2	3,350	3,487	4,09	3,535	5,53	6,780	6,531	-3,66	6,429	-5,18
3	3,091	3,230	4,51	3,275	5,95	6,281	6,057	-3,56	5,956	-5,18
4	2,911	2,949	1,28	2,992	2,77	5,832	5,424	-7,00	5,363	-8,05
5	2,592	2,640	1,85	2,679	3,34	4,835	4,912	1,59	4,832	-0,08
6	2,223	2,291	3,05	2,326	4,62	4,187	4,240	1,26	4,198	0,25

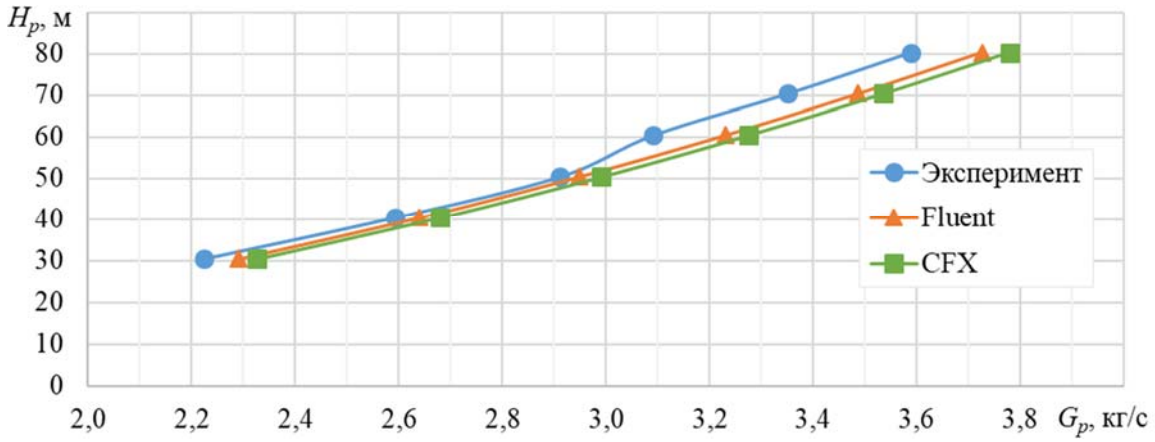


Рис. 3. Зависимость рабочего напора H_p от расхода рабочей жидкости G_p

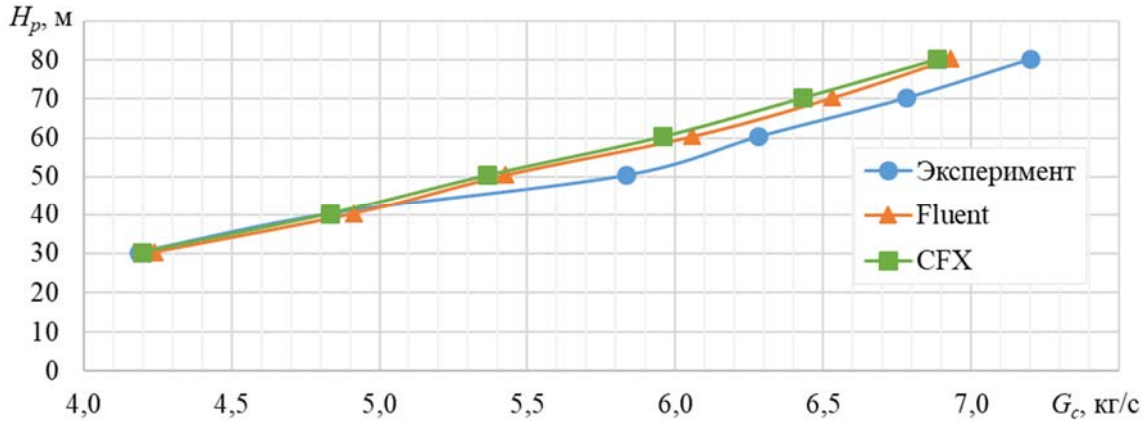


Рис. 4. Зависимость рабочего напора H_p от расхода смешанного потока G_c

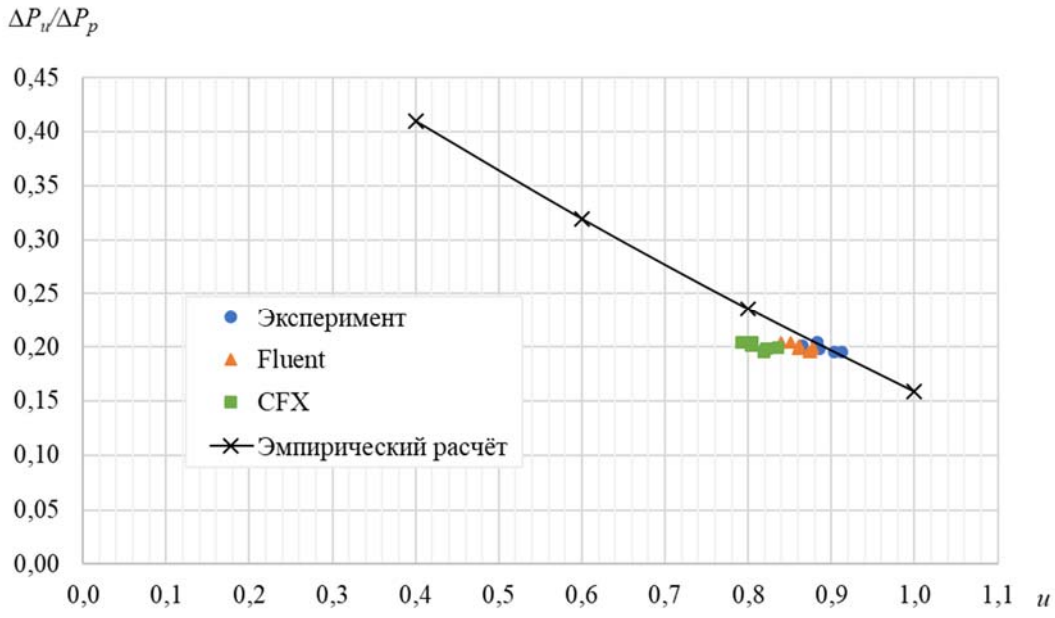


Рис. 5. Безразмерные характеристики струйного насоса

Приведем полученные характеристики к безразмерному виду – зависимости относительного перепада давлений $\Delta P_u/\Delta P_p$, создаваемого струйным насосом, от коэффициента инжекции u (рис. 5). Сравнение с характеристикой, полученной в результате эмпирического расчёта [2], показывает совпадение с достаточной степенью точности.

Выводы. Проведенное исследование показало, что результаты численного расчёта струйного насоса сходятся с экспериментальными значениями с погрешностью не более 10%. Комбинация граничных условий из полных давлений на входе и статического давления на выходе из насоса позволяет получить значение расхода смешанной среды. Следовательно, разработанная методика численного расчёта и цифровая модель является корректной и её применение позволяет с высокой точностью проводить цифровое моделирование и прогнозировать энергетические характеристики струйных насосов на заданные параметры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веретенников С.В., Баринов С.Н. Влияние параметров сетки на результаты численного моделирования // Прикладная математика, механика и процессы управления: материалы I Всерос. науч.-техн. интернет-конф. молодых ученых, Пермь, 14–19 ноября 2013 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. унта, 2014. – С. 140–149.

2. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

3. Подвидз Л.Г. Расчет оптимального струйного насоса для работы на разнородных и однородных жидкостях / Л.Г. Подвидз, Ю.Л. Кирилловский // Труды ВНИИГидромаша. – Москва, 1963. – Вып. 33. – С. 114–129.

4. Aldas, K. Investigation of Effects of Scale and Surface Roughness on Efficiency of Water Jet Pumps Using CFD / K. Aldas, R. Yapici // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. – 2014. – Vol. 8. – No. 1. – P. 14–25. DOI: 10.1080/19942060.2014.11015494.

УДК 621.43

А.В. Григорьев, Ю.В. Галышев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОКРАТНОГО ВПРЫСКА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ МОЩНОСТЬЮ 140 кВт

Многократное впрыскивание является обычной практикой в современных двигателях с воспламенением от сжатия. Многократное впрыскивание лучше, чем впрыск топлива за один импульс, так как это приводит к снижению вредных выбросов и повышению тепловой эффективности рабочего цикла, что определяется лучшим сгоранием и более высокими скоростями тепловыделения [1]. Пилотный впрыск топлива упрощает процесс воспламенения и одновременно снижает выбросы NO_x и сажи [2]. Тем не менее, детальное взаимодействие распыления и сгорания при многократном впрыскивании должно быть лучше изучено для уточнения и дальнейшего продвижения характеристик впрыскивания топлива, которые приводят к повышению эффективности двигателя и снижению вредных выбросов.

Попытки уменьшить выбросы и увеличить мощностные показатели обычно противоречат друг другу. Например, для снижения выбросов NO_x необходима более поздняя подача основной части топлива, что снижает температуру и давление в процессе сгорания. В тот же момент, для повышения полноты сгорания требуется более ранняя подача и увеличение продолжительности периода между завершением впрыскивания и открытием выпускных клапанов [3]. Так, позднее подвпрыскивание для повышения рабочей температуры каталитического нейтрализатора [4] абсолютно не нужно для рабочего процесса ДВС. Он осуществляется через 120–220° после ВМТ и не участвует в получении полезной энергии. Позднее подвпрыскивание периодически применяется также для очистки (выжигания сажи) сажевого фильтра.

Целью работы является сравнение показателей высокооборотного дизельного двигателя при использовании классической и многофазной характеристики впрыскивания.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. Выполнить расчеты рабочего процесса (РП) дизельного двигателя мощностью 140 кВт (прототип ЯМЗ 5340) на номинальном режиме работы и при 1000 об/мин.

2. Выполнить оптимизационные расчеты РП двигателя с использованием многофазного впрыска топлива.

3. Исследовать влияние многофазной характеристики впрыска на токсичность выхлопных газов и характеристики двигателя.

4. Проанализировать полученные результаты.

Исходные данные. Объект исследования − двигатель мощностью 140 кВт, рядный, 4-х цилиндровый, ход поршня S=0,128 м; диаметр цилиндра D=0,105 м; степень сжатия ε=17,5. В качестве основных режимов работы двигателя выбраны: номинальный (частота вращения коленчатого вала n=2300 об/мин) и частичный режим (n=1000 об/мин).

Результаты расчетов РП. Расчеты выполнены с использованием программного комплекса РП-2018 [5]. Полученные результаты сведены в табл. 1. В таблице 1: N – мощность, кВт; M – крутящий момент, Н·м; α – коэффициент избытка воздуха; P_z – максимальное давление сгорания, МПа; η_e – эффективный коэффициент полезного действия (КПД); $\eta_м$ – механический КПД; $G_т$ – часовой расход топлива, кг/час; g_e – удельный расход топлива, г·кВт/час; $F_{нвпр}$ – угол начала впрыска топлива; $F_{впр}$ – продолжительность впрыска; T_z – максимальная температура сгорания, К; NO_x – эмиссия оксидов азота, *ppm*.

Форма исследованных характеристик впрыска представлена на рис. 1.

Таблица 1. Основные параметры РП

Режим работы	Номинальный	Частичный	Номинальный с профилированием характеристики впрыска	Частичный с профилированием характеристики впрыска
n, об/мин	2300	1000	2300	1000
N, кВт	141,3	36,5	142,5	39,5
M, Н·м	586,8	348,6	591,8	377,2
α	2,286	3,812	2,286	3,812
$P_к$	3	2,5	3	2,5
P_z, МПа	18,0	14,4	17,3	14,3
η_e	0,399	0,386	0,402	0,418
$\eta_м$	0,84	0,80	0,84	0,80
$G_т$, кг/час	30	8	30	8
g_e, г·кВт/ч	212,3	219,2	210,5	202,5
$F_{нвпр}$	-10	-10	-10	-5
$F_{впр}$	25	25	25	13
NO_x, *ppm*	285,0	94,6	253,3	93,7

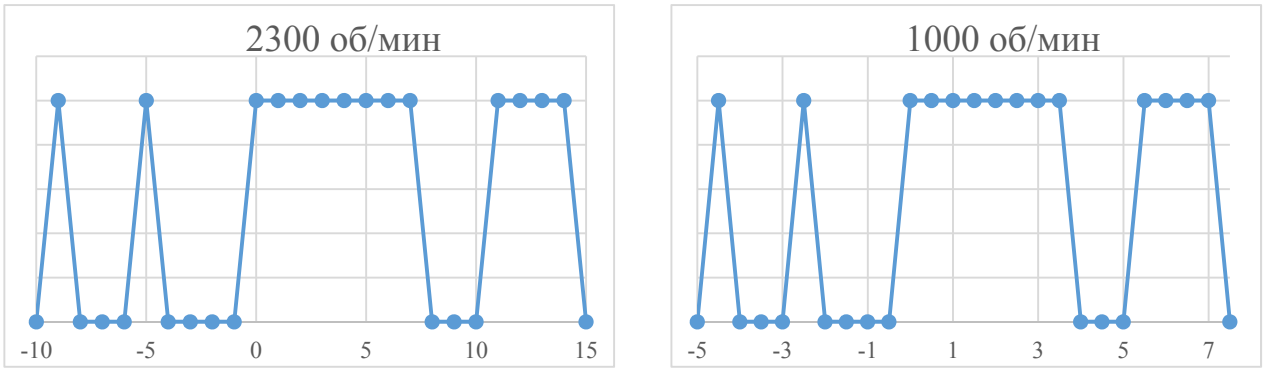


Рис. 1. Дифференциальные характеристики впрыскивания. По оси абсцисс – угол п.к.в.

При иследовании влияния характеристики впрыска на РП двигателя на частичном режиме (n=1000 об/мин) снижения уровня токсичности не произошло, что приводит к сомнению в правильности выбранной характеристики топливоподачи. При многочисленных расчетах форм и выборе углов начала и окончания впрыскивания, выявлено, что ни один из рассмотренных вариантов не привел к заметному снижению токсичности. Для снижения выбросов вредных веществ на данном режиме, принятно решение уменьшить количество подаваемого топлива. Для номинального режима работы рассмотрен вариант без предварительного впрыскивания, т.к. в работе [6] указано, что при подобном уровне оборотов, предварительное впрыскивание не дает видимых результатов. Результаты расчетов сведены в табл. 2. Из полученных данных видно, что формирование характеристики топливоподачи позволяет снизить количество вредных выбросов на ~15%, сохраняя и даже несколько увеличивая необходимые мощностные показатели. При этом при работе на 1000 об/мин снижения токсичности не наблюдается, но увеличиваются мощностные показатели двигателя на ~10%.

Таблица 2. Изменение параметров РП с учетом предварительного впрыска

Режим работы	Номинальный. с предвпрыском	Номинальный. без предвпрыска	Частичный	Частичный с уменьшенным расходом топлива
n, об/мин	2300	2300	1000	1000
N_e, кВт	142,5	142,2	39,5	36,4
M_e, Н·м	591,8	590,9	377,2	348,4
α	2,286	2,286	3,812	4,234
$P_к$	3	3	2,5	2,5
P_z, МПа	17,3	15,3	14,3	14,4
η_e	0,402	0,401	0,418	0,424
$\eta_м$	0,84	0,84	0,80	0,80
$G_т$, кг/час	30	30	8	7,2
g_e, г·кВт/ч	210,5	210,8	202,5	199,6
$F_{нвпр}$	-10	-10	-5	-5
$F_{впр}$	25	25	13	13
NO_x, *ppm*	253,3	223	93,7	91,4

Анализируя полученные результаты, можно заметить снижение токсичности выхлопных газов на номинальном режиме работы еще на ~13% (суммарно на ~30%), сохраняя мощностные показатели, что подтверждает выводы [6]. На частичном режиме работы, снижая расход топлива, наблюдается небольшое увеличение КПД на 0,6% (суммарно 2,2%), а также снижение токсичности на ~3% (суммарно ~4%).

Выводы.

1. Для различных режимов работы двигателя одинаково сформированные характеристики впрыскивания дают разные результаты по показателям мощности, экономичности и токсичности отработавших газов.

2. При уровне оборотов 80–100% от номинальных предварительный впрыск топлива не дает положительных результатов.

3. В зависимости от преследуемой цели (снижение токсичности/увеличение мощности/сокращение расхода топлива), необходимо использовать индивидуальные формы характеристик топливоподачи, как минимум выделяя группы режимов: близкие к номинальной мощности, частичные, близкие к режиму нормального холостого хода.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Mathivanan, J.M. Mallikarjuna, A. Ramesh, Influence of Multiple Fuel Injection Strategies on Performance and Combustion Characteristics of a Diesel Fuelled HCCI Engine – An Experimental

Investigation, Experimental Thermal and Fluid Science (2016), doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.

2. Khanh Cung, Abdul Moiz, Jaclyn Johnson, Seong-Young Lee, Chol-Bum Kweon, Alessandro Montanaro. Spray-combustion interaction mechanism of multiple-injection under diesel engine conditions. ScienceDirect, 2014.

3. Системы управления дизельными двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2004. – 480 с.

4. Галышев Ю.В., Зайцев А.Б., Шабанов А.Ю. Системы и процессы топливоподачи, 2016. – 280 с.

5. Галышев Ю.В., Зайцев А.Б, Сидоров А.А., Шабанов А.Ю. Рабочие процессы и токсичность отработавших газов судовых дизельных и газопоршневых двигателей. Учебно-методическое пособие, 2018.

6. Григорьев А.В., Зайцев А.Б., Галышев Ю.В. О влиянии характеристики топливоподачи на рабочий процесс дизельного двигателя. Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19–24 ноября 2018 г. Институт энергетики и транспортных систем. Часть 1.

УДК 621.646

А.Ю. Петров, Л.В. Гилева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОТЫ АНТИПОМПАЖНОГО КЛАПАНА МЕТОДАМИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

На месторождениях природного газа газ поступает под относительно низким давлением. Для обеспечения транспорта газа к потребителю используются компрессорные станции. Каждый компрессор оборудован антипомпажным регулирующим клапаном (АПК), который предотвращает работу компрессора на нерасчетных режимах. Большинство клапанов, установленных и эксплуатируемых в настоящее время на компрессорных станциях, представляют собой клапаны типа Mokveld [1]. При нормальной работе компрессора регулирующий клапан закрыт, но, как только возникает опасность помпажа, он немедленно открывается, соединяя нагнетание со всасыванием центробежного компрессора. АПК может использоваться для запуска компрессора в режиме кольцо, или когда возникает необходимость регулировки потока. В случае открытия регулирующего клапана считается, что рассеянная им энергия равна расчетной мощности компрессора. АПК устанавливаются на открытом воздухе, поэтому максимально допустимый уровень шума составляет 85 дБА. Современное оснащение АПК сконструировано таким образом, что в чрезвычайной ситуации он открывается менее чем за две секунды. Система управления способна плавно и точно на той же скорости зафиксировать положение АПК в процессе регулировки. Очевидно, что АПК – важнейший элемент схемы управления газодобычей. Сбои или остановки в работе АПК могут иметь серьезные последствия для работы всей установки, а также для окружающей среды и производственных показателей.

Целью работы является исследование и получение характеристики углового АПК типа Mokveld методами вычислительной газодинамики, учитывая опыт кафедры «Компрессорная, вакуумная и холодильная техника» в этом направлении [2, 3].

Объектом исследования является проточная часть углового АПК типа Mokveld.

Прототип был взят из каталога продукции Арматурного завода [4], учитывая особенности дросселирующей аппаратуры. Был построен эскиз модели проточной части АПК (см. рис. 1), затем с помощью CAD систем было построено несколько вариантов 3d моделей с разной степенью открытия для численного эксперимента (см. рис. 2).

Исследование проводилось с помощью программного пакета Ansys 18.2. Использовались модули: Design modeler – инициализация геометрической модели, ICEM – сеточный генератор, CFX – препроцессор, решатель и обработка результатов. Все поверхности

изначальной геометрии были разбиты на 5 модулей: поверхность входа – Inlet, поверхность выхода – Outlet, поверхность отверстий – Tube и оставшиеся поверхности (конфузор, внешний цилиндр и др.), объединенные в две группы и названные Wall_1 и Wall_2 (см. рис. 2).

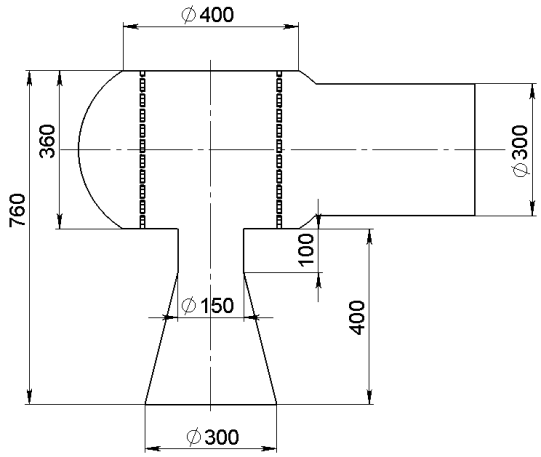


Рис. 1. Эскиз проточной части АПК

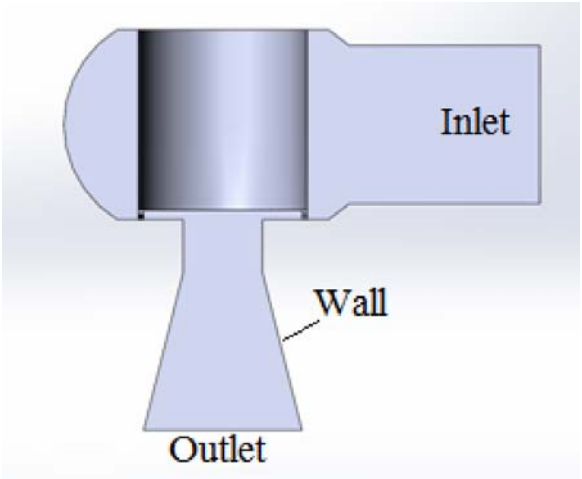


Рис. 2. 3D модель с 5% степенью открытия

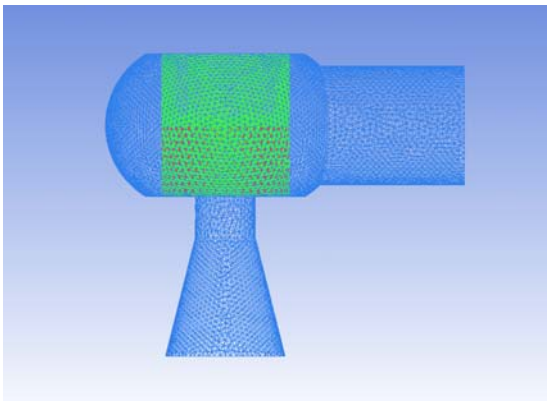


Рис. 3. Расчетная сетка

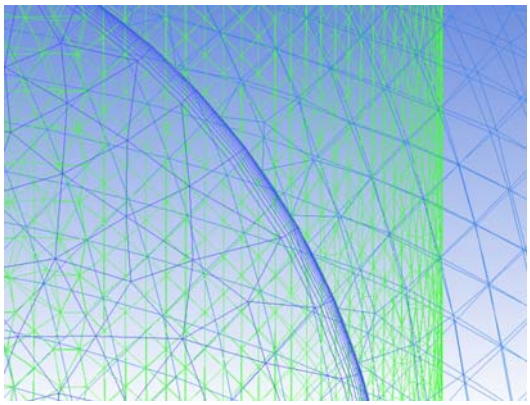


Рис. 4. Пристеночные призматические слои

В ICEM для каждого варианта открытия была построена неструктурированная тетраэдрическая сетка с призматическими слоями (см. рис. 3). Для всех вариантов максимальный размер ячейки составляет: Tube – 1 мм, Wall_1 – 10 мм, Wall_2 – 5 мм, для Inlet и Outlet использовались глобальные настройки 10 мм и scale-фактор 2.Пристеночные призматические слои (см. рис. 4) задавались на группе поверхностей Wall_1 и Wall_2 и Tube. Высота первого призматического слоя для Wall_1 и Wall_2 принималась за 0,1 мм, для Tube 0,01 мм. Количество слоев равно 10. Особенность таких клапанов является дросселирование через множество маленьких отверстий (сепаратор), поэтому результат сильно будет зависеть от типа сетки. Пользуясь встроенными инструментами оптимизации расчетной сетки ICEM, а также указания методической литературы [5] была построена сетка с суммарным количеством элементов около 7 млн.

Расчет производился для шести вариантов открытия клапана 5%, 15%, 25%, 50%, 75%, 100%, на разных граничных условиях согласно табл. 1. Количество итераций принималось 500, так как начальное давление не превышало 2 атм. Рабочее тело – Air Ideal Gas, модель турбулентности SST, условие на выходе для всех расчетов – среднее статическое давление, равное 1 атм.

По результатам расчетов были построены графики зависимостей массового расхода от степени открытия клапана на 5 разных давлениях (рис. 5). Были составлены сводные таблицы

всех полученных результатов (табл. 2). Анализ графика показал, что массовый расход увеличивается с процентом открытия, пока не достигает степени открытия 50–60%, а затем начинает уменьшаться. Это связано с тем, что при открытии клапана выше, чем на 50–60%, дросселирование начинает происходить не в отверстиях сепаратора, а в конфузорной части клапана.

Таблица 1. Входные условия

№ режима	P_H,атм	T, K
1	1.1	301.24
2	1.2	308.82
3	1.3	315.95
4	1.4	322.73
5	1.5	329.15

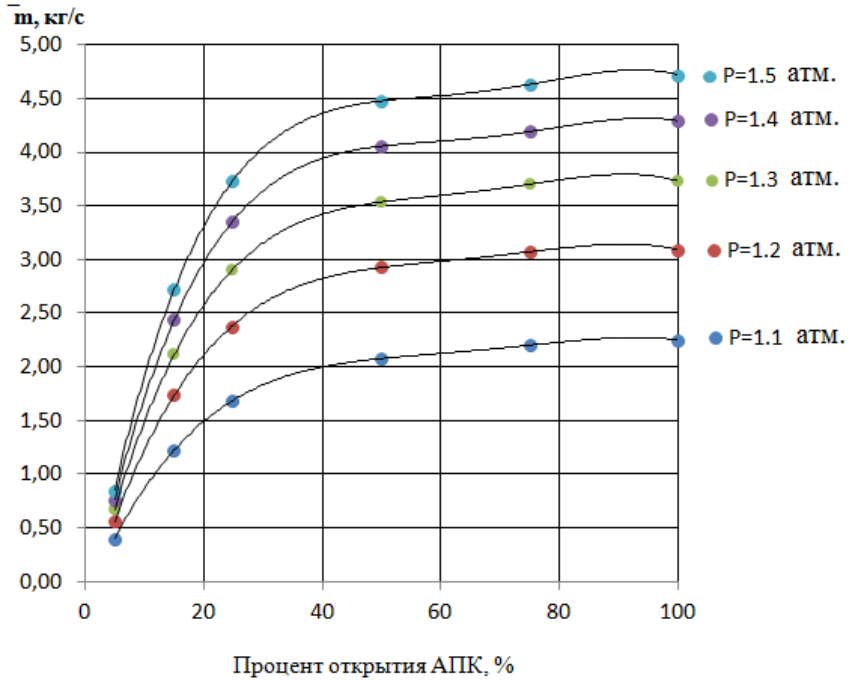


Рис. 5. Зависимость массового расхода от процента открытия клапана

Таблица 2. Результаты численного моделирования на 1 расчетном режиме

Открытие, %		m, кг/с	P*, Па	P, Па	T*, K	T, K	p, кг/м3
100	Inlet	2.25	111457	111060	301	300.69	1.29
	Outlet	2.25	106512	100978	301	296.77	1.19
75	Inlet	2.2	111457	111078	301.24	300.95	1.29
	Outlet	2.2	106655	100967	301.24	296.9	1.19
50	Inlet	2.08	111457	111118	301.24	300.98	1.29
	Outlet	2.08	106048	101033	301.24	297.37	1.19
25	Inlet	1.68	111457	111236	301.24	301.07	1.29
	Outlet	1.68	104535	101131	301.24	298.59	1.18
15	Inlet	1.23	111457	111339	301.24	301.15	1.29
	Outlet	1.23	103217	101247	301.24	299.66	1.18
5	Inlet	0.4	111457	111445	301.24	301.23	1.29
	Outlet	0.4	101507	101267	301.24	301.08	1.17

Таким образом, на основании проведенной работы можно сделать следующие выводы: характеристика антипомпажного клапана нелинейна, функции характеристик клапана при разных давлениях схожи. Это позволяет разработать универсальный полином. Таким образом появиться возможность определить по входным параметрам характеристику данного клапана без использования численного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mokveld [Электронный ресурс] 2019. URL**:** https://mokveld.com/ru/page/200 (дата обращения 27.09.2019).

2. Лебедев А.А., Кожухов Ю.В. Развитие системы защиты центробежного компрессора от помпажа признаковым способом с использованием вычислительной гидродинамики и анализа сигналов пульсаций давления Газовая промышленность. 2017. № 6 (753). С. 60–68.

3. Измайлов Р.А., Лебедев А.А. Построение системы защиты центробежного компрессора от помпажа на основе анализа сигналов и современных методов численного моделирования газодинамики. Компрессорная техника и пневматика. 2015. № 1. С. 26.

4. Арматурный завод [Электронный ресурс] 2019. URL http://arm-z.ru/ (дата обращения 27.09.2019).

5. Release 18.0 Documentations for ANSYS. SAS IP. – 2017.

УДК 421.438.001.2

А.А. Чумакова, А.К. Нгуен, К.Л. Лапшин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ ПОТЕРЬ В НАПРАВЛЯЮЩЕМ АППАРАТЕ ТУРБИНЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ТРАДИЦИОННОЙ И БИРОТАТИВНОЙ СХЕМАХ

В статье [1] в результате 2D многорежимной компьютерной оптимизации установлено преимущество биротативной схемы по сравнению с традиционной двухступенчатой (ТВД и ТНД) газовой турбины турбовального двигателя. Выигрыш в экономичности обусловлен уменьшением потерь кинетической энергии в направляющем аппарате (НА) ТНД вследствие уменьшения в нем угла поворота потока. Для того, чтобы убедиться в снижении потерь кинетической энергии в НА ТНД биротативного типа по сравнению с традиционной ТНД, наиболее корректно было бы провести натурные или модельные экспериментальные исследования двухступенчатых отсеков (ТВД+ТНД) турбин указанных типов. Такие исследования, однако, весьма длительны, трудоёмки и дороги. Во многих случаях теперь их можно заменить численным экспериментом, используя в качестве виртуального стенда возможности программы ANSYS CFX [2], что и будет показано ниже.

Цель работы – сравнение потерь в направляющем аппарате турбины низкого давления в традиционной и биротативной схемах с помощью вычислительного комплекса ANSYS CFX, применяемого в качестве виртуального стенда для выполнения 3D аэродинамических исследований.

Постановка задачи. По результатам многорежимной компьютерной оптимизации были спрофилированы два пера направляющей лопатки ТНД для турбин традиционного и биротативного типа. Профилирование направляющих лопаток выполнялось по трем сечениям (корневое, среднее и периферийное) с использованием атласа профилей МЭИ [3]. Затем в программе КОМПАС-3D были созданы трехмерные модели пера направляющих лопаток ТНД двух вариантов турбин (рис. 1 и 2). Центры масс профилей ориентированы вдоль радиуса.

В табл. 1 представлены основные численные значения сеточных моделей для расчета обтекания направляющей лопатки традиционного и биротативного типов.

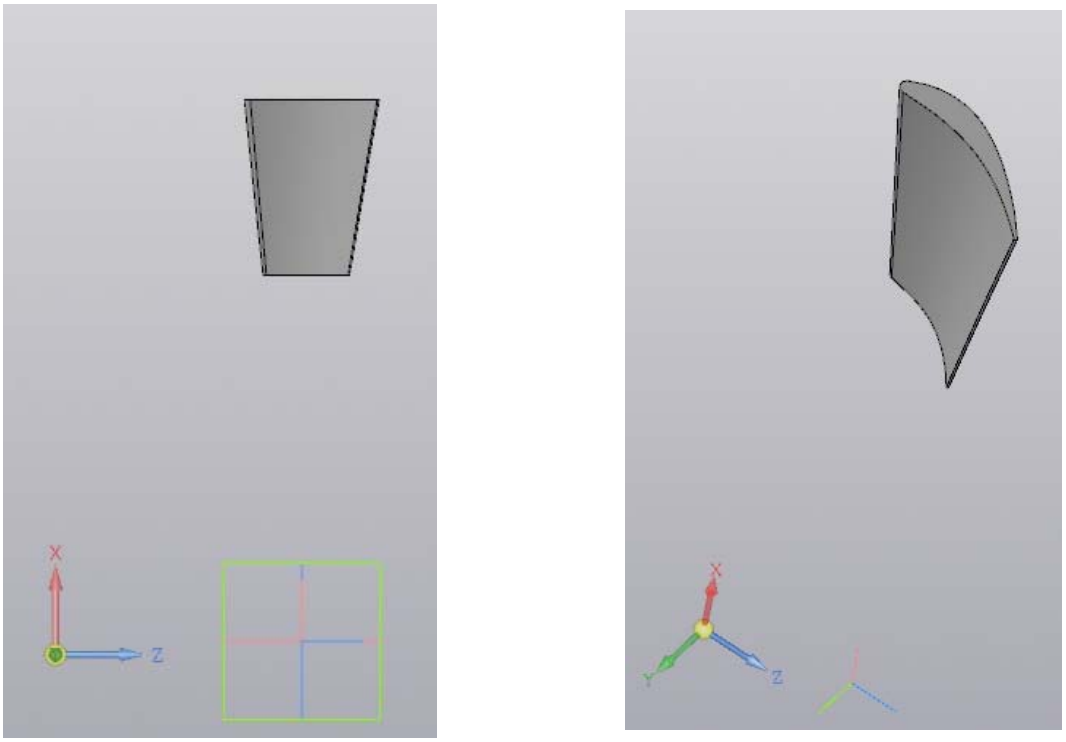


Рис. 1. Перо направляющей лопатки ТНД традиционной турбины

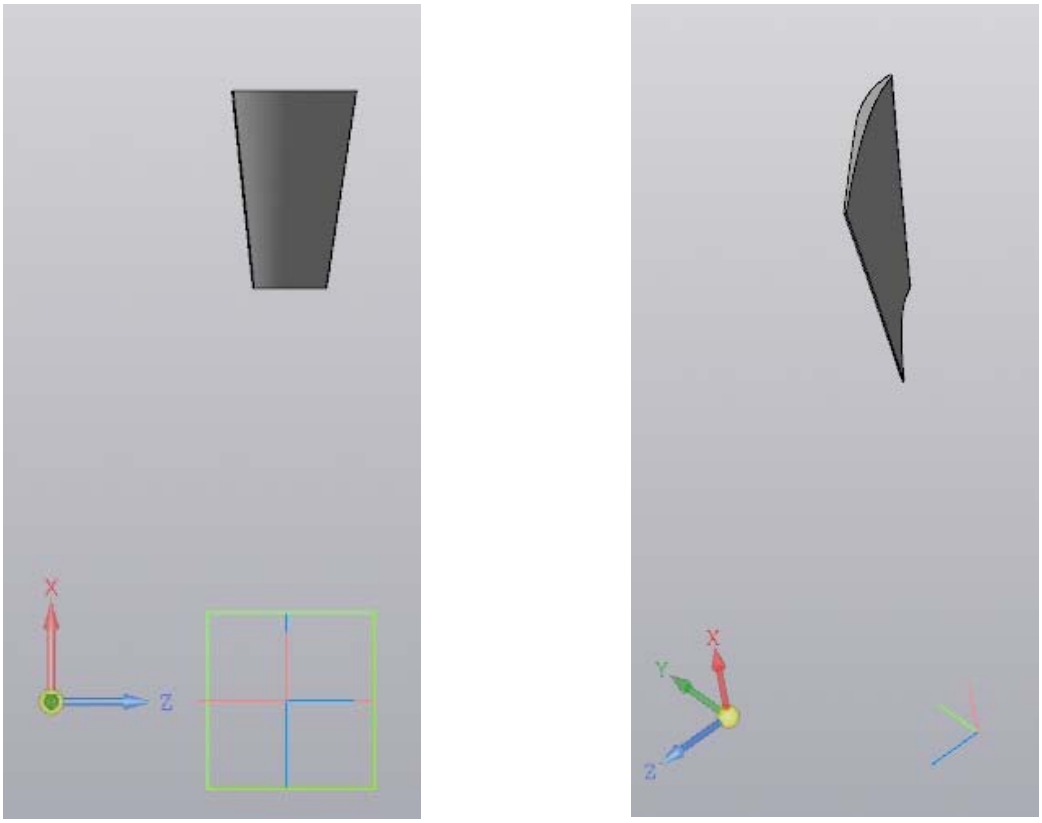


Рис. 2. Перо направляющей лопатки ТНД биротативной турбины

Таблица 1. Численные значения расчетной сетки

Тип турбины	Количество узлов	Количество элементов
Традиционная	521733	497280
Биротативная	525198	502600

В расчетной модели рабочим телом является идеальный газ. Используется модель турбулентности *k-ε*. Степень турбулентности на входе принята равной 15%, так как ТНД расположена за ТВД. Используя результаты 2D оптимизационных расчетов, на номинальном режиме заданы значения параметров на входе в направляющий аппарат и на выходе из него на номинальном режиме.

Далее в программе ANSYS CFX**,** применяемой в качестве виртуального стенда [2], был выполнен проверочный 3D-газодинамический расчет обтекания направляющей лопатки ТНД двухступенчатой газовой турбины традиционного и биротативного типа. В программе ANSYS CFX моделировались пространственные течения в межлопаточных каналах направляющих лопаток, спрофилированных ранее в программе КОМПАС-3D.

Результаты исследований. Полученные в программе ANSYS CFX результаты обработаны для получения необходимых численных значений. В ходе расчетов в программе ANSYS CFX было выполнено осреднение по сечениям и получены основные результаты, приведенные в табл. 2.

Из-за меньших потерь в НА ТНД биротативного типа по сравнению с традиционной для пропуска заданного расхода требуется меньший перепад давлений и меньшие скорости газа.

Таблица 2. Результаты расчетов осреднения по сечениям

Параметр	Традиционная турбина	Биротативная турбина
C_1, м/с	477,7	467,0
P_0^*, Па	212384	206459
ζ_1	0,060	0,045

Анализируя основные результаты 3D испытаний на виртуальном стенде, можно сделать вывод о том, что значение коэффициента потерь ζ_1 в НА ТНД для биротативной турбины меньше на 1,5%, чем для традиционной, что совпадает с 2D результатами многорежимной компьютерной оптимизации, где эта величина на разных режимах составила 1–1,5% [1].

Заключение. Численный 3D эксперимент подтвердил, что переход к биротативной схеме газовой турбины для рассмотренного конкретного варианта турбовального двигателя является целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин К.Л. Многорежимная оптимизация биротативной газовой турбины турбовального двигателя // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2017. Т. 23. № 3. С. 144–152. DOI: 10.18721/JEST.230314.

2. Нгуен А.К., Лапшин К.Л. Характеристики и структура потока турбинной ступени с отрицательным градиентом степени реактивности. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2016. № 2. С. 163–173.

3. Атлас профилей решеток осевых турбин [текст] / Дейч М.Е., Филиппов Г.А., Лазарев Л.Я. // М.: Машиностроение, 1965. – 96 с.

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА

УДК 53.097

И.В. Решетов[1], Д.А. Труфанов[1], Д.К. Таганцев[1], А.А. Липовский[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Санкт-Петербургский академический университет РАН

ОБРАТНЫЙ ДРЕЙФ КАТИОНОВ ПРИ ОТЖИГЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ

Известно, что термическая поляризация (полинг) силикатного стекла приводит к значительному изменению его структуры таким образом, что после полинга стекло демонстрирует свойства анизотропной оптической среды, в частности, генерацию второй гармоники и линейные электрооптические эффекты [1, 2]. Такие свойства могут найти применения в микро- и нанофотонике, интегральной оптике и др. Однако, на сегодняшний день нет полного понимания механизмов формирования этих свойств. Одним из способов получения полезной информации о процессах, происходящих при термической поляризации, является метод термостимулированных токов деполяризации (ТСТД).

Процедура поляризации состоит в приложении к нагретой стеклянной пластинке постоянного электрического напряжения. После определенного промежутка времени пластинку охлаждают до комнатной температуры под приложенным напряжением. Электрическое поле сдвигает положительные ионы щелочных и щелочноземельных металлов, присутствующих в силикатном многокомпонентном стекле, в сторону катода, что приводит к изменению состава и структуры (а значит физических и химический свойств) прианодной области стеклянной пластинки [3]. Отрицательно заряженные атомы немостикового кислорода, оставшиеся в прианодной области, и положительные катионы, удаленные из этой области, создают в ней внутреннее электрическое поле [4], которое после охлаждения до комнатной температуры не релаксирует из-за кинетических ограничений. Вторичный нагрев поляризованного стекла снимает кинетические ограничения на релаксацию внутреннего электрического поля, что приводит к обратному дрейфу положительных ионов в прианодную область, который можно характеризовать при помощи измерения соответствующего тока, называемого термостимулированным током деполяризации [5].

Пространственное распределение зарядов после поляризации зависит от многих факторов, в том числе от процесса проникновения в прианодную область ионов-компенсаторов H^3O^+/H^+из атмосферы. Исходя из этого, целью настоящей работы было сравнение релаксации заряда в многокомпонентном силикатном стекле, поляризованном в различных атмосферах.

В исследовании использовалось стекло *Menzel*, закупленное в *AgarScientific*. Состав этого стекла представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав стекла *Menzel* в мол. % [6]

SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	MgO	CaO	другие
72,2	1,2	14,3	1,2	4,3	6,4	0,33

Стеклянный образец площадью 25х25 мм^2 помещался в поляризационную ячейку и фиксировался с двух сторон графитовыми электродами площадью 20х15 мм^2. Собранная ячейка помещалась в печь, нагретую до 300 ºС. Затем к образцу прикладывалось различное постоянное напряжение в диапазоне от 250 В до 1,25 кВ с шагом 250 В в течение 20 минут.

После этого поляризационная ячейка вынималась из печи и охлаждалась до комнатной температуры под приложенным напряжением. Схематическое изображение установки для поляризации представлено на рис. 1.

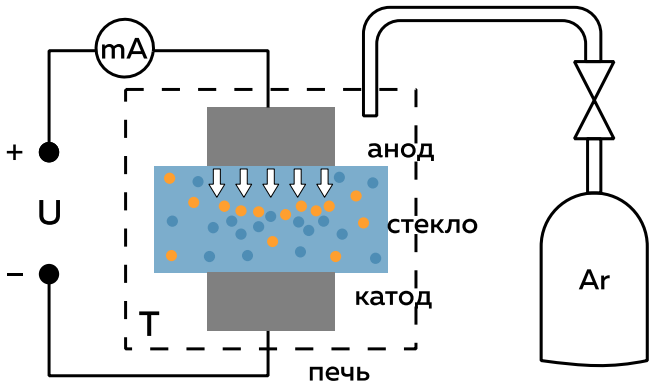
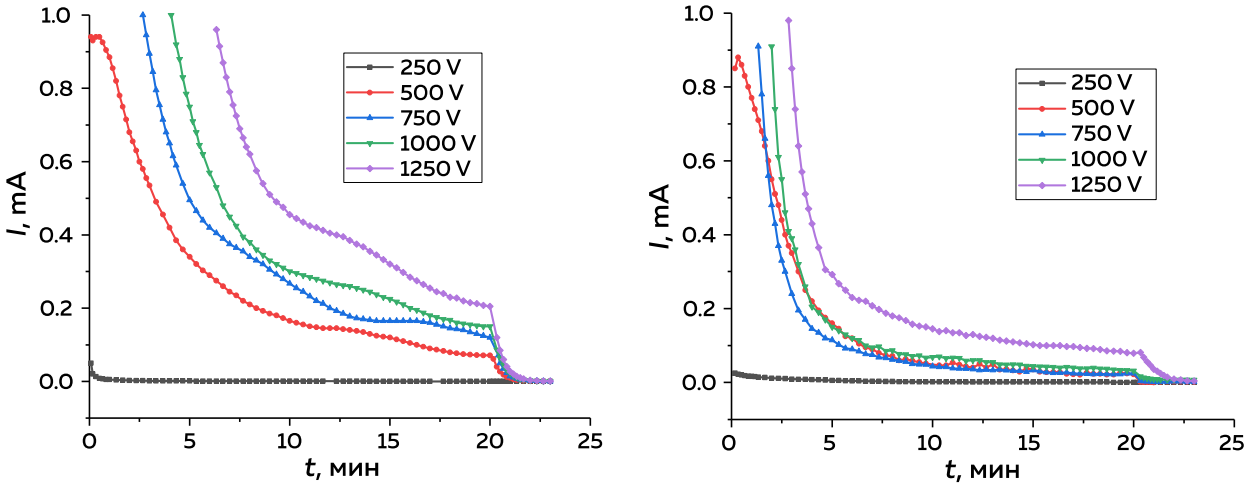


Рис. 1. Схематическое изображение установки для поляризации



а *б*

Рис. 2. Временные зависимости поляризационного тока при различных напряжениях: *а*) на воздухе, *б*) в атмосфере аргона

Поляризация проводилась в атмосферах воздуха и аргона. Поляризация в атмосфере аргона предотвращает влияние паров воды, присутствующих в воздухе, на происходящие процессы. В случае поляризации в аргоне использовалась проточная система со скоростью подачи газа 4 л/мин. Зависимости поляризационного тока от времени приведены на рис. 2.

Ионы-компенсаторы, проникая в прианодную область, нейтрализуют часть ее отрицательного заряда, уменьшая тем самым напряженность внутреннего электрического поля, что в свою очередь влияет на поляризационную кривую. Для образцов, поляризованных на воздухе, уменьшение тока поляризации происходит медленнее в сравнении с образцами, поляризованными в атмосфере аргона при том же напряжении. Соответственно, при поляризации в атмосфере аргона меньше и заряд, прошедший через образец, что количественно характеризуется площадью под кривыми на рис. 2 (*а*, *б*).

Идея поляризации в атмосфере аргона – предотвращение влияния паров воды. Однако это влияние также можно предотвратить, используя закрытую конфигурацию анода. Поэтому можно предположить, что концентрационные профили прианодной области стекла, поляризованного в атмосфере аргона, и стекла, поляризованного при закрытой конфигурации анода, эквиваленты. Концентрационный профиль прианодной области стекла,

поляризованного в атмосфере воздуха, был получен методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS, TescanSEM). Затем проводилось сравнение этого профиля с профилем стекла, поляризованного при закрытой конфигурации анода, который был получен ранее методом масс-спектрометрии вторичных ионов (SIMS, CAMECAIMS7f) [2]. Соответствующие концентрационные профили натрия и кальция представлены на рис. 3, *а* и 3, *б*.

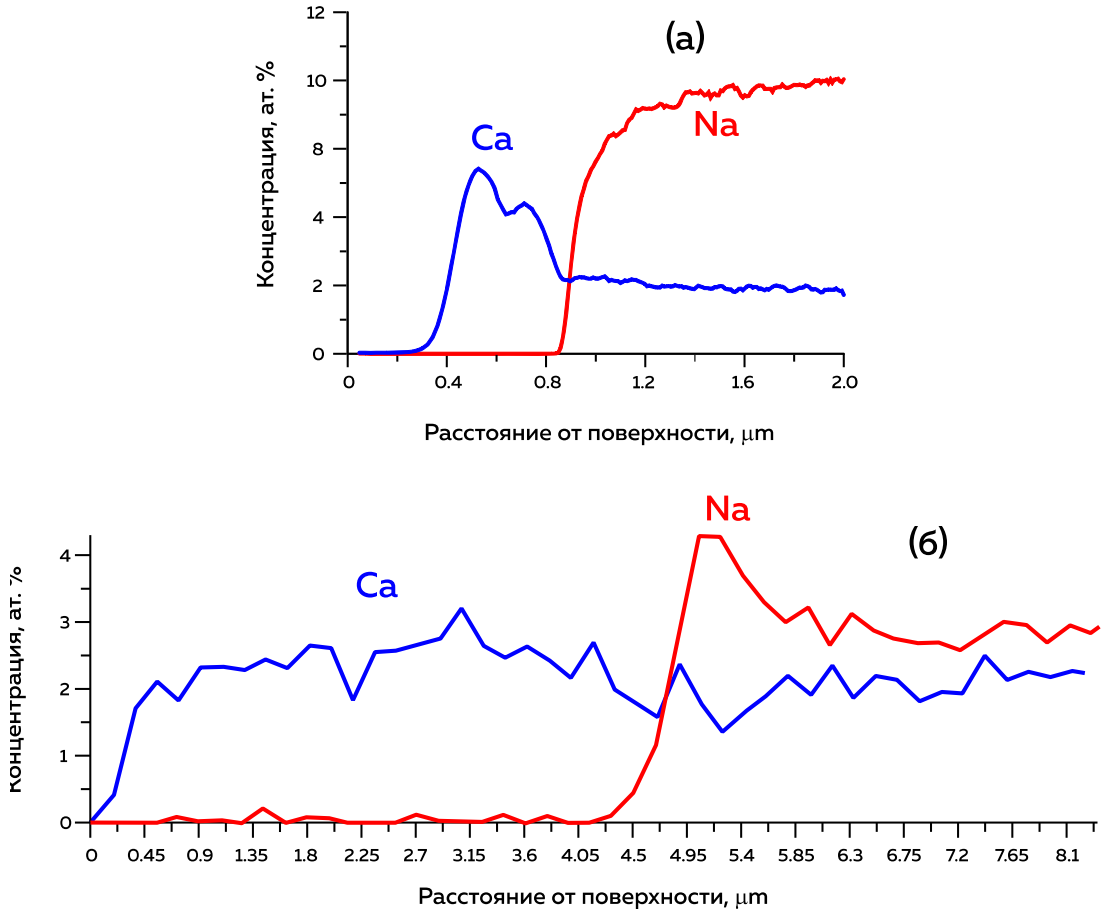


Рис. 3. Концентрационные профили прианодных областей стекла, поляризованных при температуре 300 ^{O}C: *а*) под напряжением 500 В при закрытой конфигурации анода и *б*) под напряжением 700 в атмосфере воздуха

Оба профиля имеют общую тенденцию: катионы натрия проникают глубже в объем стекла, нежели катионы кальция. При этом в случае поляризации на воздухе катионы кальция смещаются значительно меньше, чем катионы натрия. Причиной этого является проникновение в стекло катионов водорода, подвижность которых превышает подвижность катионов кальция, но значительно меньше подвижности катионов натрия [7].

Если поляризованный образец поместить в печь и линейно нагревать, то ранее сдвинутые положительные ионы начнут дрейфовать обратно в прианодную область. Этот процесс называется деполяризация. Схематическое изображение установки для деполяризации представлено на рис. 4.

Результаты исследования релаксации пространственного заряда в стеклах, поляризованных на воздухе и в атмосфере аргона при различном напряжении, приведены на рис. 5. Спектры ТСТД были измерены от комнатной температуры до 770 ºС со скоростью нагрева 10 ºС/мин.

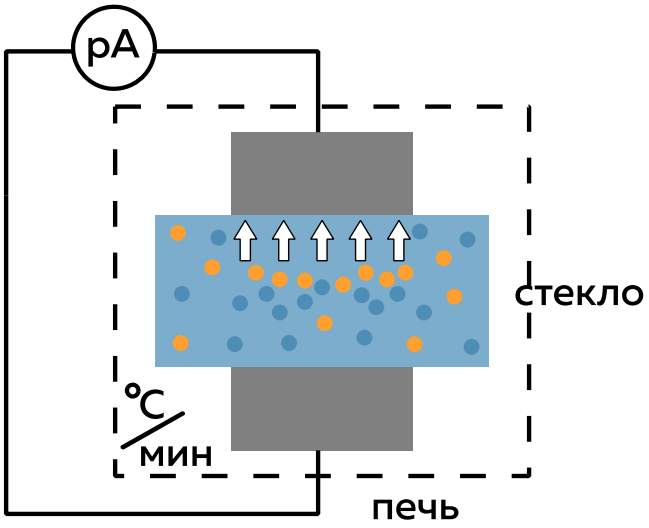
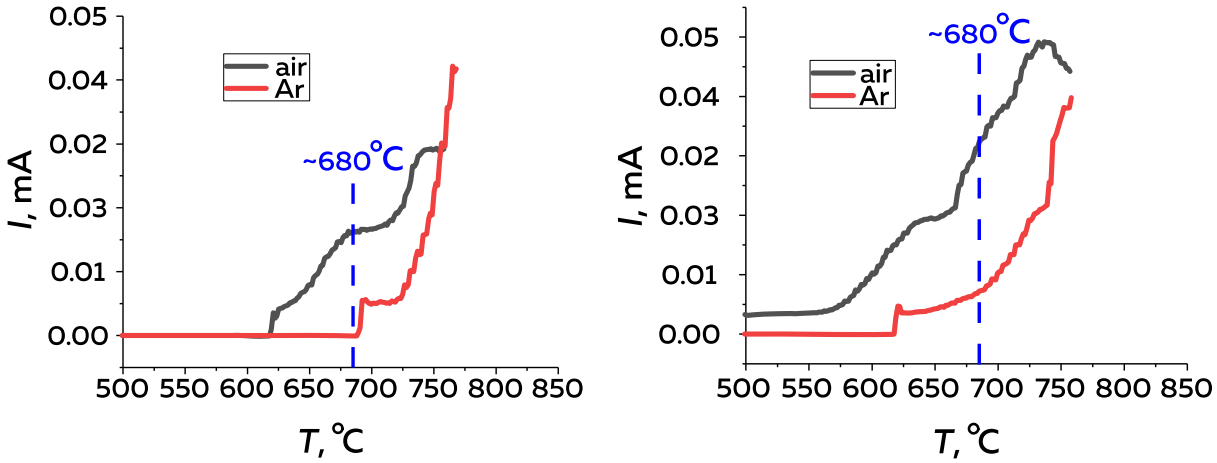


Рис. 4. Схематическое изображение установки для деполяризации



а *б*

Рис. 5. Спектры ТСТД силикатного стекла, поляризованного на воздухе и в атмосфере аргона при различных напряжениях: а) 250 В, б) 500 В

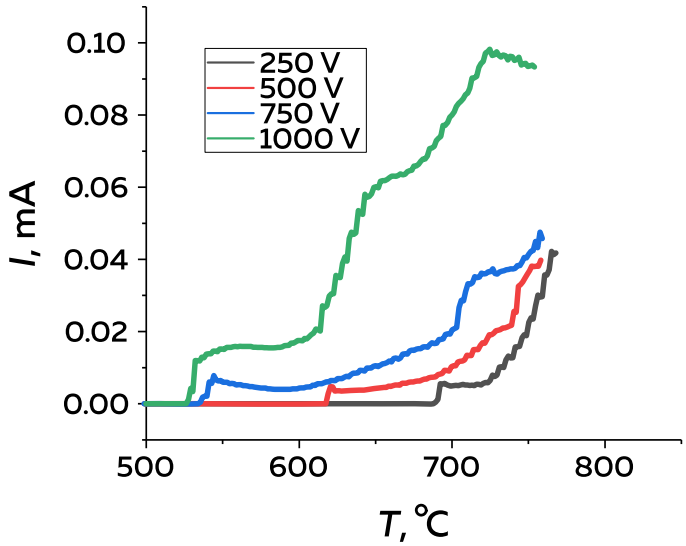


Рис. 6. ТСТД спектр стекла, поляризованного в атмосфере аргона при различных напряжениях

Можно наблюдать, что условия полинга значительно влияют на форму спектров ТСТД: 1) заметный ток деполяризации в случае поляризации на воздухе появляется при более низких температурах; 2) на спектрах образцов, поляризованных на воздухе, появляется дополнительный пик в области 680–690 ºС. Можно предположить, что этот пик связан с дрейфом ионов-компенсаторов H^3O^+/H^+, которые отсутствуют в случае поляризации в атмосфере аргона.

На рис. 6 приведены ТСТД спектры образцов, поляризованных в атмосфере аргона при напряжениях в диапазоне 250–1000 В. Можно наблюдать, что величина деполяризационного пика с максимумом в районе ~ 570 ºС увеличивается с увеличением прикладываемого напряжения. Значение тока в максимуме этого деполяризационного пика превышает соответствующее значение на ТСТД спектрах образцов, поляризованных на воздухе. Согласно [8], этот релаксационный пик связан с обратным дрейфом двухвалентных катионов. Из рис. 3 следует, что поляризация в случае закрытой конфигурации анода (аналог поляризации в аргоне) приводит к большему смещению двухвалентных катионов в сравнении с поляризацией в атмосфере воздуха. Поэтому можно заключить, что релаксационный пик с максимумов в окрестности 570 ºС наиболее вероятно связан с дрейфом двухвалентных катионов, как предположено в [8].

Различия в спектрах ТСТД позволяют заключить о различии в пространственном распределении зарядов, сформировавшемся в процессе поляризации. Именно, релаксационный пик в области 570 ºС связан с дрейфом двухвалентных катионов, а релаксационный пик в области 680–690 ºС связан с дрейфом ионов-компенсаторов H^3O^+/H^+.

Исследование было поддержано Российским научным фондом, проект 16-12-10044.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dussauze M., Rodriguez V., Lipovskii A., Petrov A., Smith C., Richardson K., Cardinal T., Fargin E., Kamitsos E. How Does Thermal Poling Affect the Structure of Soda-Lime Glass? // The Journal of Physical Chemistry C. – 2010. – V. 114. – P. 12754–12759.

2. Redkov A.V., Melehin V.G., Raskhodchikov D.V., Reshetov I.V., Tagantsev D.K., Zhurikhina V.V., Lipovskii A.A. Modifications of poled silicate glasses under heat treatment // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2019. – V. 503–504. – P. 279–283.

3. Carlson D., Hang K., Stockdal G. Electrode “Polarization” in Alkali-Containing Glasses // Journal of the American Ceramic Society. – 1972. – V. 55. – P. 337.

4. Fabbri M., Senna J.R. Models of Ionic Transport for Silicon-Glass Anodic Bonding // Journal of The Electrochemical Society. – 2008. – V. 155. – P. 274.

5. Thermal Analysis of Polymers: Fundamentals and Applications / Menczel J., Prime R. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2014. – 696 p.

6. Microscopeslides [Электронный ресурс]. – URL: http://www.agarscientific.com/microscope-slides.html (дата обращения: 10.10.2019).

7. Lepienski C.M., Giacometti J.A., Leal Ferreira G.F., Freire Jr. F.L., Achete C.A. Electric field distribution and near-surface modifications in soda-lime glass submitted to a dc potential // Journal of Non-Crystalline Solids. – 1993. – V. 159. – P. 204–212.

8. Lipovskii A.A., Morozova A.I., Tagantsev D.K. Giant Discharge Current in Thermally Poled Silicate Glasses // The Journal of Physical Chemistry C. – 2016. – V. 120. – P. 23129–23135.

УДК 621.791

А.Р. Хисматуллин, И.В. Кладов, Д.В. Курушкин, О.В. Панченко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВА Ti-Ni

В связи с потребностями различных отраслей промышленности постоянно ведется процесс разработки новых материалов, ориентированных на конкретные задачи. Ti-Ni (Нитинол) относится к классу материалов с памятью формы [1]. На сегодняшний день для получения соединений из нитинола широко используют лазерную сварку [2], сварку трением с перемешиванием [3], сварку сопротивлением, аргонодуговая сварку и т.д.

Цель работы – изучить сварные соединения проволоки из нитинола, полученные методом ручной аргонодуговой сварки. Оценить микроструктуру сплава, провести тесты пластичности и изучить степень сохранения эффекта памяти формы.

Описание эксперимента. Для сварки использовался сварочный источник питания ручной аргонодуговой сварки СВАРОГ TIG 315 P AC/DC. Было получено 15 сварных соединений с использованием проволоки из сплава Ti-Ni (Ti – 55,42 % Ni), диаметром 2 мм. Параметры режимов сварки приведены в табл. 1.

Таблица 1. Режимы сварки

	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Значения тока, А	20	30	40

Сварка производилась на зачищенной медной подложке. Свариваемые концы проволоки подверглись зачистке на точильном станке для удаления угольной обмазки и придания стыкуемым поверхностям ровной плоскости, после чего обезжиривались. В качестве защитного газа был использован Аргон ОСЧ. Ток – DC (постоянный), полярность прямая. Эксперимент содержал в себе три этапа: сварка на 20 А, на 30 А и на 40 А. Из 15 сварных соединений были отобраны по два образца от каждого режима сварки, из которых были изготовлены продольный и поперечный шлифы сварных соединений.

На рис. 1 представлена фотография микроструктуры продольного шлифа сварного соединения, полученного при значениях тока в 20 А.



Рис. 1. Шлиф продольного сечения шва, выполненного при 20 А

Визуальный анализ микроструктуры продольного сечения позволяет четко выделить основной металл, границу сплавления и сварной шов. В сварном соединении видны зерна с четко просматриваемым направлением кристаллизации. Зона термического влияния, предположительно, слишком мала для выявления посредством оптической микроскопии, это может быть связано со стыковым усилием сжатия двух частей проволоки во время сварки, данный эффект прослеживается во всех образцах.

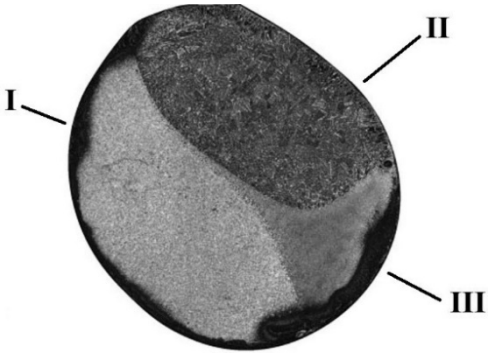


Рис. 2. Поперечное сечение шва при 20 А:
I – зона основного металла, II – зона металла шва,
III – зона, предположительно, термического влияния

На рис. 2 представлено поперечное сечение сварного соединения с идентичными режимами сварки и травления, выполненное не по центральной оси шва, а ближе к границе сплавления и под углом 20° для того, чтобы захватить на одной фотографии и основной металл, включая зону термического влияния, и сварное соединение. Основной металл и металл шва характеризуются зернистой структурой.

Макроструктура следующего сварного соединения, выполненного при значениях тока – 30 А: в зоне шва металл закристаллизовался в форме дендритов, рост которых ориентирован от границ соединения к центру. Зона основного металла идентична по микроструктуре описанному ранее для 20 А продольному сечению. Зона термического влияния визуально не прослеживается, зона сплавления четко различима. Поперечный разрез шва, полученного в этом опыте, имеет дендритную структуру.

Третий опыт: ток сварки – 40 А. Фотография микроструктуры полученного сварного соединения в продольном разрезе описывается аналогично предыдущему опыту. Фотография поперечного разреза (рис. 3) представляет собой ярко выраженную дендритную структуру, а также, благодаря разнице в длине кристаллитов, позволяет точно определить зону контакта проволоки с медной подложкой.

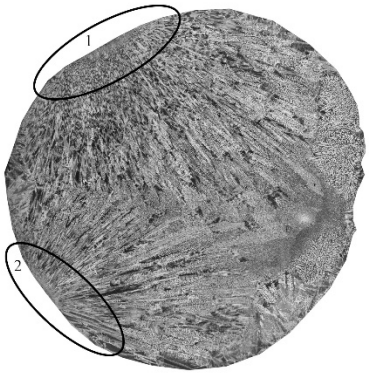


Рис. 3. Поперечный разрез сварного соединения, полученного на 40 А:
1, 2 – зоны контакта проволоки с медной подложкой

Так как при токе выше 20 А металл в сварном шве кристаллизуется в неблагоприятной форме дендритов, то можно сделать вывод, что форма кристаллитов в металле сварного шва зависит от величины тока сварки (тепловложения).

После сварки были проведены тесты на проверку пластичности проволоки со сварным соединением. Методика эксперимента: проволока прижималась к стальному прутку диаметром 6 мм тисками так, чтобы сварной шов находился на расстоянии 1–2 мм от точки касания проволоки и прутка. Далее проволока изгибалась вручную до разрушения или угла

90˚ к вертикали.

Результаты проведенных испытаний, представленные в таблице 2, отражают значения максимально возможных углов загиба, предшествующих разрушению, полученных по трем образцам. Они позволяют сделать вывод о том, что наилучшие показатели пластичности достижимы при использовании режима сварки из 1-го опыта (20 А), при котором кристаллиты имеют форму зерна.

Таблица 2. Результаты тестов пластичности

	20, А	30, А	40, А
Опыт 1	90˚	80˚	40˚
Опыт 2	90˚	60˚	30˚
Опыт 3	90˚	90˚	35˚

После проведения тестов на пластичность было отобрано по одному сварному соединению всех трех режимов, затем они были загнуты на следующие углы загиба, в соответствии с минимальными значениями из табл. 2: для 20, 30 и 40 А – 90°, 60° и 30°, соответственно. Затем они были выдержаны в печи при температуре 150°С в течение 50 минут. Фотографии сварных соединений проволоки представлены на рис. 4.

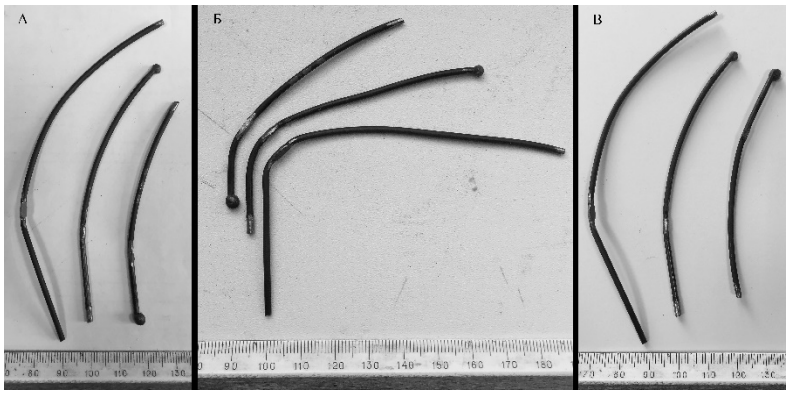


Рис. 4. Оценка сохранения эффекта памяти формы.
А – до загиба, Б – после загиба, В – после печи

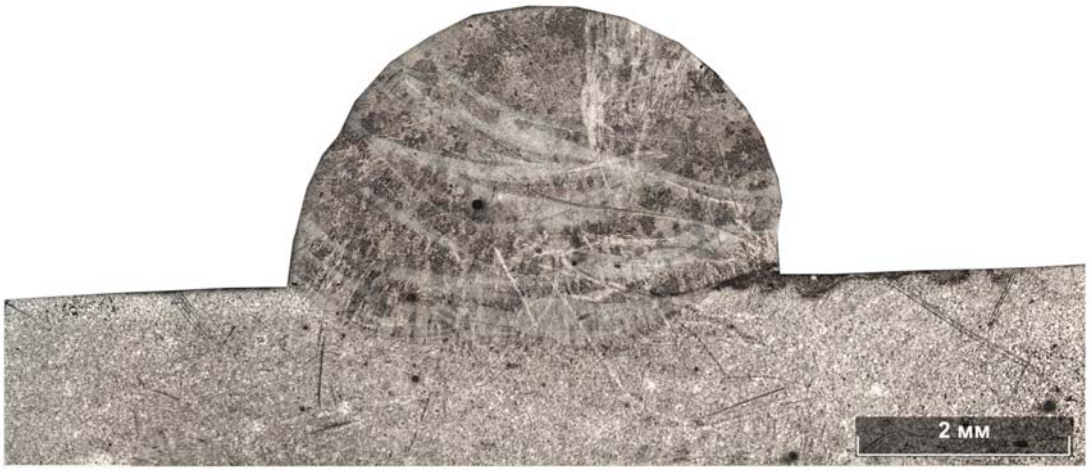


Рис. 5. Фотография микроструктуры наплавленного валика

Визуальная оценка изменения формы проволок, после выдержки в печи, позволяет сделать вывод о полном сохранении эффекта памяти формы.

Дальнейшие исследования направлены на оценку микроструктуры и сохранения эффекта памяти формы после наплавки проволоки из сплава Ti-Ni. Руководствуясь этой целью, была произведена тестовая наплавка одного валика описанной ранее проволоки на подложку, выполненную из сплава данного химического состава. Фотография микроструктуры поперечного шлифа наплавленного валика представлена на рис. 5.

Визуальный анализ позволяет четко выделить светлые линии на микроструктуре, напоминающие собой границы сплавления. Предположительно, природа возникновения этих линий связана с явлением осцилляции на поверхности сварочной ванны. Внешний вид и структура таких линий, как правило, напоминает собой линии сплавления. Осцилляция, в данном случае, может быть вызвана множеством фактором, таких как, например, форма переноса металла в процессе наплавки. Для сравнения, на рис. 6 и 7 приведены подробные фотографии линий сплавления и линий, предположительно, вызванных осцилляцией на поверхности ванны. Микроструктура этих зон напоминает собой столбчатые зерна с вкраплениями феррита.



Рис. 6. Линии сплавления наплавленного валика и основного металла

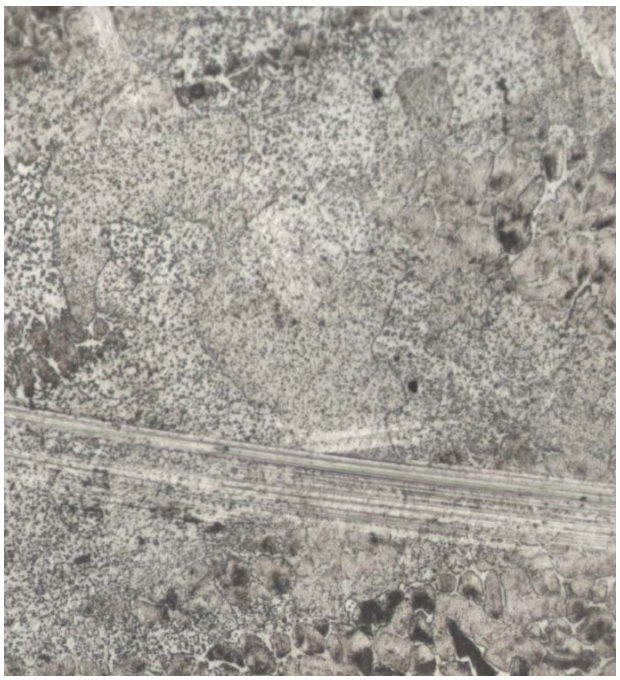


Рис. 7. Линии, предположительно, вызванные осцилляцией

В ходе настоящей работы были исследованы сварные соединения из Ti-Ni проволоки, а также разработан режим: сила тока – 20 А, защита – Аргон ОСЧ, ток – DC (постоянный), полярность прямая. Данный режим позволяет получить наиболее высокие показатели пластичности соединения при сохранении эффекта памяти формы. Также была произведена тестовая наплавка проволоки сплава Ti-Ni, дальнейшее изучение которой выявило эффект осцилляции на поверхности сварочной ванны. Линии осцилляции имеют структуру вытянутых зерен с вкраплениями феррита, схожую со структурой линии сплавления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сплавы с эффектом памяти формы. К. Ооцука, К. Симидзу, Ю. Судзуки и др. Под ред. Фунакубо Х.: Пер. с японск. – М.: Металлургия, 1990. – 224 с.

2. The influence of laser welding parameters on the microstructure and mechanical property of the as-jointed NiTi alloy wires. Y.G. Song, W.S. Li, L. Li, Y.F. Zheng. Materials Letters. 62 (2008). 2325–2328.

3. Microstructure, Mechanical Properties and Shape Memory Behaviour of Friction Stir Welded Nitinol. S.S Mani Prabu, H.C Madhu, Chandra S. Perugu, K Akash, P Ajay Kumar, Satish V. Kailas, Anbarasu Manivannan and I.A Palani. Materials Science & Engineering A (2017).

УДК 669.71

И.С. Первухин, С.И. Выступов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЁТА ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕМЕНТОВ ОШИНОВКИ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

При проектировании новых серий электролитического производства алюминия для расчета количества действующих электролизеров в серии используется величина среднего напряжения [1]. От точности расчета среднего напряжения зависит правильность определения количества действующих ванн и, соответственно, оптимальность проектирования корпусов электролиза. Составной частью среднего напряжения является падение напряжения в ошиновке. Ошиновка является токонесущим элементом конструкции электролизера и делится на две части – анодную и катодную. В анодную часть ошиновки входят гибкие пакеты, анодные стояки и уравнительные шины, от которых ток при помощи специальных контактов передается к штырям (в случае самообжигающихся анодов) или штангам (предварительно обожжённые аноды). Катодная часть ошиновки состоит из гибких лент – катодных спусков, отводящих ток от блюмсов, и катодных шин. Необходимо отметить, что в общем случае различные элементы ошиновки могут различаться: а) площадью поперечного сечения, б) длиной; в) величиной протекающего по элементу тока; г) расположением (наличие или отсутствие рядом с элементом ошиновки конструкций, затрудняющих теплоотдачу, и пр.).

Для расчета падения напряжения в ошиновке необходимо знание конфигурации ошиновки, ее геометрических размеров и электропроводимости материалов ошиновки. Электропроводимость зависит от температуры соответствующего элемента ошиновки, которая на стадии проектирования по понятным причинам не известна. В связи с вышеизложенным, разработка математической модели для расчёта температуры элементов ошиновки алюминиевого электролизёра представляется весьма актуальной задачей, как для инженеров-проектировщиков, так и для заводских технологов.

Следует отметить, что на начальной стадии при разработке математической модели был сделан ряд упрощающих допущений, которые потенциально могут сказаться на точности расчета. А именно: 1) температура окружающей среды постоянна; 2) сила тока постоянна по всей длине рассматриваемого элемента ошиновки; 3) по сечению шины температура постоянна; 4) отсутствуют посторонние источники тепла, способные передавать тепло элементу ошиновки; 5) вблизи элемента ошиновки отсутствуют какие-либо конструкции, затрудняющие отдачу тепла.

Рассмотрим гипотетическую бесконечную шину прямоугольного сечения высотой h и толщиной b, находящуюся в атмосфере воздуха. Без прохождения тока шина имеет температуру равную температуре окружающего воздуха ($t_в$). При включении постоянного тока (I = const) за счет выделения джоулева тепла температура шины начнет увеличиваться и через какое-то время достигнет стационарного постоянного (при данной силе тока) значения, при котором потери тепла шиной в единицу времени равны приходу тепла за то же время, то есть, установится тепловой баланс. Для решения задачи определения стационарной температуры шины составим уравнение теплового баланса.

Приход тепла от проходящего постоянного электрического тока составляет (кДж/ч):

$$Q_{пр} = 3{,}6 \cdot I^2 \cdot R,$$

где I – сила тока, А; R – сопротивление шины, Ом.

Сопротивление шины прямоугольного сечения (Ом):

$$R = \rho \cdot \frac{l}{b \cdot h},$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление, Ом·см; l – длина шины, см.

При расчете необходимо учитывать зависимость удельное электрическое сопротивление от температуры. Для алюминия данная зависимость (в Ом·см) имеет вид [2]:

$$\rho_{Al} = 2{,}80 \cdot (1 + 0{,}0038 \cdot t) \cdot 10^{-6},$$

где t – температура, °С.

Таким образом, с учетом температурной зависимости алюминия от температуры, для участка шины длиной 1 м приход тепла $Q_{пр}$ можно записать в следующем виде:

$$Q_{пр} = 3{,}6 \cdot I^2 2{,}8 \cdot (1 + 0{,}0038 \cdot t) \cdot 10^{-6} \cdot \frac{100}{b \cdot h} = \frac{10{,}08 \cdot I^2 \cdot (1 + 0{,}0038 \cdot t) \cdot 10^{-4}}{b \cdot h},$$

где t – температура алюминиевой шины, °С.

Суммарные потери тепла шиной ($Q_р$) складываются из тепловых потерь конвекцией ($Q_к$) и лучеиспусканием ($Q_л$):

$$Q_р = Q_к + Q_л,$$

которые могут быть вычислены из соответствующих уравнений для конвективного и лучистого теплопереноса.

Потери тепла конвекцией определяем по формуле Ньютона-Рихмана:

$$Q_к = \alpha_к \cdot (t_с - t_в) \cdot F, \quad (1)$$

где $\alpha_к$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией от стенки к газу, кДж/(м^2· ч · град); $t_с$ – температура стенки, °С; F – теплоотдающая поверхность, м^2.

Согласно [3], для случая тепловых потерь с вертикальной плоской стенки может быть использовано уравнение:

$$\alpha_к = A \cdot \Delta t^{1/3}, \quad (2)$$

где Δt – разность температур стенки и среды, °С; А – коэффициент, зависящий от свойств среды и определяющей температуры, под которой понимают половину сумму температур стенки и среды. Для горизонтальных поверхностей, с которых тепловой поток идет вверх, коэффициент $\alpha_к$ увеличивают на 30%, а если тепловой поток идет вниз – уменьшают на 30% [2].

Зависимость коэффициента А от определяющей температуры представлена в табличном виде в [3], тогда, как для получения математической модели необходимо преобразовать эту таблично заданную функцию в аналитическое выражение. В простейшем случае функция может быть представлена в виде полинома. В данной работе для решения поставленной задачи было использовано обратное интерполирование методом Лагранжа [4], при этом в общем виде интерполяционный многочлен в форме Лагранжа записывается следующим образом:

$$L(x) = \sum_{i=0}^{n} (f(x_i) \cdot \prod_{j=0}^{n} \frac{x - x_j}{x_i - x_j}),$$

где n – степень полинома L(x); $f(x_i)$ – значение интерполирующей функции$f(x)$ в точке x_i.

Таким образом, используя обратное интерполирование, была получена зависимость коэффициента А от определяющей температуры, которая для вертикальной стенки в воздухе имеет следующий вид:

$$A = -9{,}666 \cdot 10^{-8} \cdot {t_m}^3 + 5{,}846 \cdot 10^{-5} \cdot {t_m}^2 - 0{,}0178 \cdot t_m + 6{,}07. \quad (3)$$

Для сравнения в табл. 1 представлены как исходные, используемые при расчете значения коэффициента А, так и вычисленные по полученному выражению (3). Из приведённой таблицы следует, что табличная функция в интересующем диапазоне температур достаточно хорошо может быть аппроксимирована полиномом третьей степени (формула (3)).

Таблица 1. Сравнение литературных табличных значений коэффициента А
с вычисленными по аппроксимирующей функции (1)

	t_m	0	50	100	200
А	По данным [3]	6,07	5,314	4,778	4,075
	Расчёт по формуле (3)	6,07	5,312	4,774	4,068

Таким образом, формула (2) для расчета коэффициента теплоотдачи примет следующий вид:

$$\alpha_к = A \cdot \Delta t^{\frac{1}{3}} = (6{,}07 - 0{,}0178 \cdot t_m + 5{,}846 \cdot 10^{-5} \cdot {t_m}^2 - 9{,}666 \cdot 10^{-8} \cdot {t_m}^3) \cdot (t_c - t_в)^{0{,}33},$$

а формула (1):

$$Q_к = (6{,}07 - 0{,}0178 \cdot t_m + 5{,}846 \cdot 10^{-5} \cdot {t_m}^2 - 9{,}666 \cdot 10^{-8} \cdot {t_m}^3) \cdot (t_c - t_в)^{\frac{4}{3}} \cdot F.$$

Потери тепла лучеиспускания описываются известным уравнением [3]:

$$Q_л = \varepsilon \cdot c_0 \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_c}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_в}{100}\right)^4\right) \cdot \varphi,$$

где T_c – абсолютная температура излучающей стенки, К; $T_в$ – абсолютная температура среды, в которую происходит излучение, К; φ – угловой коэффициент взаимного облучения данной излучающей поверхности соседними поверхностями, доли единицы; ε – степень черноты излучающей поверхности (зависит от природы тела, физического состояния поверхности и температуры), доли единицы; c_0 = 20,75 кДж/(м^2·ч·К^4) – коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела.

При угловом коэффициенте взаимного облучения, равном единице, суммарные потери тепла конвекцией и лучеиспусканием для участка шины длиной 1 м составят:

$$Q_p = (6{,}07 - 0{,}0178 \cdot t_m + 5{,}846 \cdot 10^{-5} \cdot {t_m}^2 - 9{,}666 \cdot 10^{-8} \cdot {t_m}^3) \cdot (t_c - t_в)^{\frac{1}{3}} \cdot (t_c - t_в) \cdot F +$$
$$+ \varepsilon \cdot c_0 \cdot F \cdot \left(\left(\frac{t_c + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_в + 273}{100}\right)^4\right).$$

С учетом того, что степень черноты излучающей поверхности окисленного алюминия равна 0,11 [3], для алюминиевой шины прямоугольного сечения уравнение теплового баланса может быть представлено в следующем виде:

$$0{,}046 \cdot (h+b) \cdot \left[\left(\frac{t+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_в+273}{100}\right)^4\right] + 0{,}02 \cdot (h+b) \cdot (t - t_в)^{4/3} \cdot \left[6{,}07 - 0{,}0178 \cdot \frac{t+t_в}{2} + \right.$$
$$\left. + 5{,}846 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{t+t_в}{2}\right)^2 - 9{,}666 \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{t+t_в}{2}\right)^3\right] = \frac{10{,}08 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0{,}0038 \cdot t) \cdot I^2}{h \cdot b}. \qquad (4)$$

Таким образом, получено уравнение с одним неизвестным (t), позволяющее вычислять температуру алюминиевой прямоугольной шины в зависимости от её линейных размеров, температуры окружающей среды и величины проходящего постоянного тока. Уравнение (4) не может быть решено в явном виде, но вполне успешно решается с использованием численных методов [5].

Для проверки разработанной математической модели было проведено сравнение температуры участка катодной шины промышленного электролизёра Кандалакшского алюминиевого завода и температуры, рассчитанной по уравнению (4), для алюминиевой шины того же сечения в сходных промышленным условиях.

По разработанной методике был проведён расчет при следующих исходных данных:

- шина прямоугольного сечения, 360х50 мм;
- сила тока в шине: 7,3 кА;
- температура в шинном канале $t_в = 80$ °С.

После подстановки исходных данных в результате решения уравнения (4) методом половинного деления [5] получена температура шины 103 °С.

Согласно производственным замерам, произведённым на ошиновке действующего электролизера на Кандалакшском алюминиевом заводе, при сходных условиях температура шины составляет в среднем около 115 °С. То есть, фактическая температура ошиновки электролизера на 12 °С больше рассчитанной температуры. Расхождение может быть связано с тем, что в методике расчета не учитывается наличие рядом с шиной дополнительного источника тепла, а именно, борта алюминиевого электролизера. В ходе дальнейшей работы над разработкой математической модели это влияние будет учтено. Кроме того, планируются промышленные замеры температур различных элементов катодной и анодной ветвей ошиновки действующих алюминиевых электролизёров с целью дополнительной проверки применимости разработанной модели для различных участков.

Таким образом, в ходе проведенной работы была разработана математическая модель для расчета температуры ошиновки, которая принципиально позволяет расчетным путем определить температуру ошиновки на любом ее участке, будь то катодная или анодная ветвь. Использование данной модели на стадии проектирования позволит более точно определять падение напряжения в ошиновке, что, безусловно, будет способствовать оптимизации проектирования корпусов электролиза алюминиевых заводов.

Кроме того, необходимо отметить, что разработанная математическая модель после небольшой корректировки может быть распространена и на расчет температур элементов шинопроводов постоянного тока, изготовленных и из других металлов, например, медных шинопроводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветюков М.М., Цыплаков А.М., Школьников С.Н. Электрометаллургия алюминия и магния. – М.: Металлургия, 1987. – 320 с.

2. Минцис М.Я., Поляков П.В., Сиразутдинов Г.А. Электрометаллургия алюминия. – Новосибирск: Наука, 2001. – 368 с.

3. Борисоглебский Ю.В. Расчет и проектирование алюминиевых электролизеров. Учебное пособие. – Ленинград, 1981. – 74 с.

4. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. – М.: Наука, 1970. – 432 с.

5. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: учеб. для вузов по спец. "Прикладная математика" / В.М. Вержбицкий. – Москва: Высшая школа, 2002. – 848 с.

УДК 621.45.038.77

Г.В. Демьянов, А.А. Григорьев, Е.В. Шалашов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКРАНИРОВАНИЕ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОДУЛЯМИ НА ОСНОВЕ РЕАКТОРНОГО ГРАФИТА, ПОРОШКА ОБЕДНЕННОГО УРАНА И КОМПАКТНОГО АЛЮМИНИЯ

Модернизация и совершенствование атомной промышленности является одной из главных задач современного государства. Для доказательства данного суждения, сравним ТЭС (теплоэлектростанции) и АЭС (атомные электростанции). Производства энергии на теплоэлектростанции, расходует около миллиона тонн угля ежедневно. К себестоимости угля добавляются расходы на транспортировку топлива и его хранение. В результате мы получаем высокую цену на электроэнергию. На АЭС в качестве топлива используют обогащенный уран. Расходы на его закупку и транспортировку несоизмеримо малы по сравнения с углем, а,

следовательно, и стоимость электроэнергии для потребителя будет ниже. Также нельзя не отметить экологичность АЭС. Процесс выработки электроэнергии на АЭС не сопровождается выбросом вредных веществ в атмосферу. Все опасные для человека и окружающей среды элементы закольцованы. Именно поэтому вокруг атомных электростанций активно строятся экологически чистые города.

Но не только атомная энергетика использует ионизирующее излучение. Техника, медицина, химия и оборонной промышленности активно применяет его в своих целях. В технике этот тип излучение используется для ионизации воздуха в оптических приборах, интроскопии (для досмотра багажа и людей), датчиках задымления. Медицина использует ионизирующее излучение для стерилизации инструментов, получении картин внутренних органов человека. Для лечения опухолей и других патологий используют лучевую терапию. Введение в организм радиофармацевтических препаратов, как с лечебными, так и с диагностическими целями. Анализ веществ с использованием спектров поглощения или рассеивания применяется в аналитической химии (рентгеноспектральный анализ). Ядерные межконтинентальные баллистические ракеты – основной продукт оборонной промышленности государства, гарантирующий уничтожение врага в критических ситуациях. При всей пользе атома, существует проблема рационального и безопасного использования ионизирующего излучения. На сегодняшний день известно несколько десятков покрытий и материалов для экранирования. Примером тому являются Zr-Nb сплавы, композиционные материалы с легирующими добавками, сверхтяжелый бетон, нержавеющая сталь.

Применение альтернативных материалов для защиты людей и окружающей среды *актуальны* в сферах, использующих радиоактивные изотопы.

Цель работы – проектирование модулей на основе компактного алюминия, спрессованного порошка обедненного урана и реакторного графита, способных поглощать и рассеивать ионизирующее излучение ядерных элементов, ядерного топлива и радиоактивных объектов.

Задачей работы является расчёт необходимой толщины каждого материала защитной оболочки модуля и создание макета контейнера для транспортировки излучающих объектов.

Методы исследования. В работе приведен анализ экранирующих модулей. Расчётным путём получены минимальные значения толщины защитного слоя обедненного урана и реакторного графита, необходимые для поглощения ионизирующего излучения. При помощи средств САПР спроектирован прототип экранирующего модуля.

Защита от ионизирующего излучения включает в себя поэтапное отсекание четырех видов излучения. Альфа-излучение представляет собой поток ядер гелия, защитной оболочкой от которого может стать лист бумаги, резина, картон. Бета-излучение – это электроны или позитроны, испускаемые в результате бета-распада. Защитой от данного типа излучения является плексиглас, тонкий слой металла, стекло. В нашем случае защитным слоем от альфа- и бета-излучения является трёхмиллиметровый лист компактного алюминия. Гамма-излучение представляет собой поток фотонов, имеющих высокую энергию и чрезвычайно малую длину волны. Для экранирования от гамма-излучения используют тяжелые металлы (вольфрам, свинец, сталь). Поглощение гамма-излучения тем эффективнее, чем больше атомный номер материала (Z). В данной работе роль поглотителя гамма-излучения возьмёт на себя слой спрессованного обеднённого урана [1]. Нейтронное излучение – это поток нейтронов, частиц не имеющих электрического заряда. Оно обладает высокой проникающей способностью. Нейтроны активно рассеивают энергию на легких ядрах (вода, полиэтилен). В качестве экспериментального образца будет использован слой реакторного графита [2].

Гамма излучение. Интенсивность гамма-излучения, прошедшего через поглотитель, определятся по экспоненциальному закону Бугера [3]:

$$I = I_0 \exp(-\mu x), \quad (1)$$

где $I -$ интенсивность γ – излучения до прохождения через поглотитель; $I_0 -$ интенсивность после прохождения через поглотитель; $\mu -$ линейный коэффициент ослабления

$$x = \rho_U d_\gamma, \quad (2)$$

где $\rho_U -$ плотность поглотителя (обедненный уран); $d_\gamma -$ толщина защитного слоя для гамма-излучения (см)

$$I = I_0 \exp\left(-\mu_m \rho_U d_\gamma\right), \quad (3)$$

где $\mu_m -$ массовый коэффициент ослабления.

$$d_\gamma = \frac{\ln y}{\mu_m \rho_U}, \quad (4)$$

где $y -$ процент снижения интенсивности излучения. Полученные результаты расчёта приведены в табл. 1.

Использование порошка обедненного урана позволяет варьировать плотность защитного слоя, а, следовательно, и габариты конечного модуля. При этом стоит учитывать сегрегацию порошка со временем. Для исключения этого процесса требуется его предварительная подпрессовка. Специфика использования обедненного урана связана с его высокой плотность и большим сечение захвата. Кроме того, обедненный уран является побочным продуктом обогащения. Применение его в таких конструкциях способно решить экологическую проблему рационального использования побочных продуктов обогащения атомного топлива.

Таблица 1. Теоретический расчёт минимальной толщины поглотителя из обедненного урана, находящегося под действием гамма-излучения

Тип излучения	y, %	μ_m, см^2/г	ρ, г/см^3	d,см
гамма-излучение	10	0,1238	18,4	1,01

Нейтронное излучение. Ослабление пучка нейтронов происходит по экспоненциальному закону [4]:

$$N = N_0 \exp(-\Sigma d_n), \quad (5)$$

где $N_0, N -$ значения плотности потока нейтронов до и после прохождения через защитный слой (нейтрон/(см$^2 \cdot$ с)); $d_n -$ толщина защитного слоя (реакторный графит) (см); Полное макроскопическое сечение ослабления нейтронов в защите (см$^{-1}$) определяются по формуле:

$$\Sigma = \sigma n_я. \quad (6)$$

Полное микроскопическое сечение ослабления нейтронов в защите (см^2) рассчитывается по соотношению:

$$\sigma = \sigma_{рз} + \sigma_s, \quad (7)$$

где $\sigma_{рз} -$ микроскопическое сечение радиационного захвата; $\sigma_s -$ микроскопическое сечение упругого и неупругого рассеяния. Число ядер в 1 см^3 вещества поглотителя:

$$n_я = \frac{\rho_C N_A}{A}, \quad (8)$$

где $\rho_C, A -$ плотность и атомный вес вещества поглотителя (реакторный графит) соответственно. Преобразовав уравнение (5), получаем формулу для расчета толщины слоя поглощающего материала (см):

$$d_n = \frac{\ln y\, A}{\left(\sigma_{рз} + \sigma_s\right)\rho_C N_A}. \quad (9)$$

Полученная в результате расчёта толщина поглощающего слоя приведена в табл. 2. Использование реакторного графита в защитных модулях обеспечивает замедление и отражение нейтронов, испускаемых радиоактивным объектом. Именно поэтому данный материал активно используется на атомных электростанциях в качестве первого рубежа

защиты персонала от нейтронного излучения. Но далеко не каждая марка графита способна выполнять функции защиты. Для этого требуется графит высокой степени отчистки, не имеющий природных примесных элементов.

Таблица 2. Теоретический расчёт минимальной толщины поглотителя из реакторного графита, находящегося под действием нейтронного излучения

Тип излучения	y, %	A, г/моль	$\sigma_{рз}$, см^2	σ_s, см^2	ρ_C, г/см^3	d, см
нейтронное излучение	10	12	3,73E-27	4,75E-24	1,8	5,36

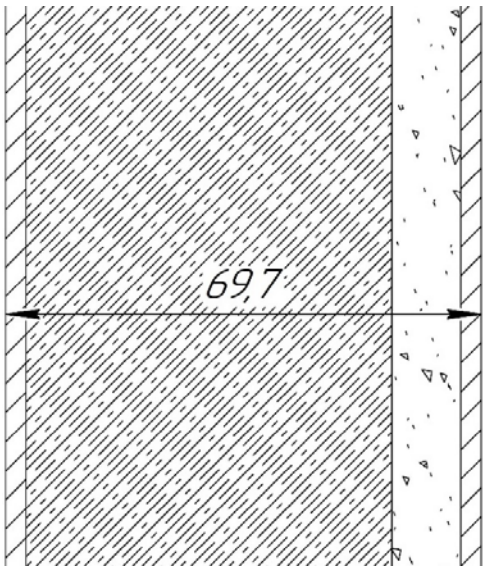


Рис. 1. Спроектированный по средствам САПР макет экранирующего модуля

Макет экранирующего модуля, полученный в результате расчётной работы, приведён на рис. 1.

Послойная штриховка на рис. 1 указывает расположение поглощающих слоев в конструкции модуля. Расположение слоев на рис. 1 слева направо: компактный алюминий (3 мм), реакторный графит (53,6 мм), обеднённый уран (10,1 мм). Суммарная толщина защитного слоя – 69,7 мм.

Выводы. В результате проведенных расчётов был спроектирован модуль, имеющий способность экранировать опасное для человека и среды ионизирующее излучение. Конструкция позволяет послойно «отсекать» альфа-, бета-, гамма- и нейтронное излучение. Данные модули можно активно использовать в качестве строительного материала для экранирования помещений от ионизирующего излучения, а также в качестве конструкционного материала контейнеров для перевозки атомного топлива, радиоактивных отходов, зараженных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головко В. Проблемы обеднённого урана (рус.) // Наука и техника: журнал. – 2015. – Сентябрь (Т. 112, № 09). – С. 20–24.

2. Ю.С. Виргильев, А.Н. Селезнев, А.А. Свиридов, И.П. Калягина. Реакторный графит: разработка, производство и свойства // Российский Химический Журнал. Том L (2006). № 1.

3. В.Э. Дрейзин, Д.И. Логвинов, А.А. Гримов, Н.В. Сиделева. Физические основы регистрации ионизирующего излучения, учебное пособие. – Курск, 2013.

4. Машкович В.П., Панченко А.М. Основы радиационной безопасности: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. Химия и технология углеродных материалов.

УДК 621.74.01:742.4

Э.Р. Дубова, В.М. Голод
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕНА В ЗЕРНИСТЫХ СИСТЕМАХ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ КОРУНДА И КВАРЦА

В последнее время всё более актуальной становится проблема экологического состояния окружающей среды. В связи с этим литейное производство некоторых стран переключилось на поиск наиболее экологически-безвредных материалов формовочных смесей. В качестве наполнителя предполагается использовать искусственные материалы (корунд или смесь корунда с кварцем), а в качестве связующего – жидкое стекло.

Применение математического моделирования в производстве отливок различной сложности и конфигурации уже давно стало неотъемлемой частью большинства производств. С его помощью можно влиять на процесс формирования отливки: управлять условиями теплоотвода и влиять на её качество. Новые композиции требуют корректного моделирования, а оно, в свою очередь, невозможно без знания их теплофизических свойств.

При моделировании формовочные материалы принято относить к типу зернистых систем [1] в виде засыпки постоянно контактирующих зерен (структура первого порядка), разделенных не только межзерновыми зазорами (пористость первого порядка m1), но и пространственной сетью более крупных пустот, пронизывающих скелет (структура и пористость второго порядка m2). На основе анализа систем с плотной упаковкой сферических зерен было установлено, что структура первого порядка характеризуется предельной пористостью 0,40, а для общей пористости система имеет структуру второго порядка пористости [1] (рис. 1).

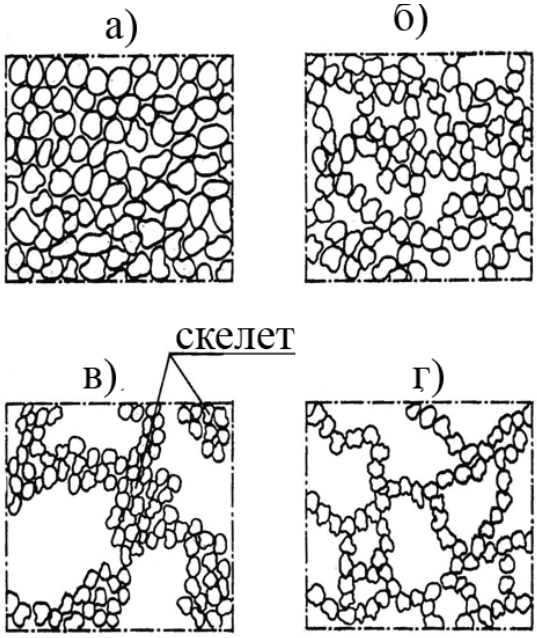


Рисунок 1. Зерновая структура смеси при различной пористости (второго порядка)
а) 0,3 <м^2 <0,5; б) м^2≈0,7; в) 0.85> м^2> 0.75; г) м^2> 0.9 [1]

Основываясь на предложенной Г.Н. Дульневым полиструктурной модели зернистой системы с хаотической структурой [1, 2], в работе [3] было осуществлено численное исследование теплоотводящей способности связанных формовочных материалов. Предполагалось, что структура засыпки обладает каркасом, образованным хаотической, но

относительно плотной кладкой постоянно контактирующих зерен, а также пространственной сетью более крупных пустот, которые пронизывают каркас и образуют вместе с ним структуру с взаимопроникающими компонентами. Однако эта модель не учитывает строения реальной формовочной смеси, в частности, толщину деформированной пленки связующего.

Рассмотрение уплотненной формовочной смеси требует учитывать тепловое сопротивление связующего. Поскольку формовочные материалы работают в зоне преимущественно высоких температур, необходимо учитывать все виды переноса тепла внутри формы: кондукция, конвекция и излучение.

Принцип расчета эффективной теплопроводности для сухих зернистых систем с рыхлой укладкой зерен основан на суммировании термических сопротивлений элементов, которые входят в рассматриваемую часть ячейки. Эффективная теплопроводность системы – функция пористости, теплопроводности газового микрозазора, теплопроводности самих частиц зерновой основы и контактов между частицами.

Целью работы является развитие и компьютерная реализация детерминированной математической модели теплопереноса в формовочной смеси, компоненты которой обладают различными теплофизическими характеристиками (табл. 1.).

Для ее достижения осуществлена программная реализация *многокомпонентной* структурной модели дисперсной формовочной смеси с учетом изменения теплопроводности ее компонентов во всем технологическом интервале температур прогрева литейных форм, включая опубликованные в последнее время экспериментальные данные об интенсивном изменении с температурой теплопроводности жидкостекольного связующего [4]. С помощью полученной математической модели распространения тепла в смеси заданной минералогической и зерновой структуры выполнено расчетное определение эффективных теплофизических свойств формовочных материалов, адекватность которых подтверждена при сопоставлении с экспериментальными данными [5].

Таблица 1. Теплофизические свойства наполнителей

Наименование параметра	Обозначение и расчётная формула	Единица измерения
1. Свойства зерновой основы – кварц (SiO_2)		
Теплопроводность	λ =21.53-0.025T+1.039·10^{-5}T^2	Вт/(м·К)
Плотность (15°С)	ρ = 2650	кг/м^3
2. Свойства зерновой основы – корунд (Al_2O_3)		
Теплопроводность	λ = 31.26-0.044T+1.769·10^{-5}T^2	Вт/(м·К)
Плотность (15°С)	ρ = 3970	кг/м^3

Результаты исследования зависимости теплопроводности от температуры, демонстрирующие влияние соотношения в смеси долей смешиваемых зерновых компонентов (рис. 2, *а*), количества связующего (рис. 2, *б*) и размера зёрен наполнителя (рис. 3), отражают сложный характер взаимодействия технологических факторов различного рода.

Из рис. 2, *а* видно, что теплопроводность смеси на основе кварца значительно ниже по сравнению со смесью на основе кварцевого песка. При более низких температурах введение кварца в состав смеси способствует понижению эффективной теплопроводности композиции.

Зависимость теплопроводности смесей от количества вводимого связующего (жидкого стекла) имеет сложный характер зависимости от температуры (рис. 2, *б*). При низких температурах (до 850°С), когда теплопроводность сплошных оболочек и межзерновых прослоек введенного связующего достигает наиболее высоких значений (более 0,9 Вт/м·К), повышение доли связующего до 8% приводит к существенному увеличению эффективной

теплопроводности смеси. Снижение величины теплопроводности прослоек жидкого стекла с повышением температуры (до значений менее 0.5 Вт/м·К) приводит к обратному эффекту, когда с увеличением содержания связующего повышается толщина и площадь его межзерновых прослоек, блокирующих теплообмен в объеме смеси, вызывая результирующее падение ее эффективной теплопроводности.

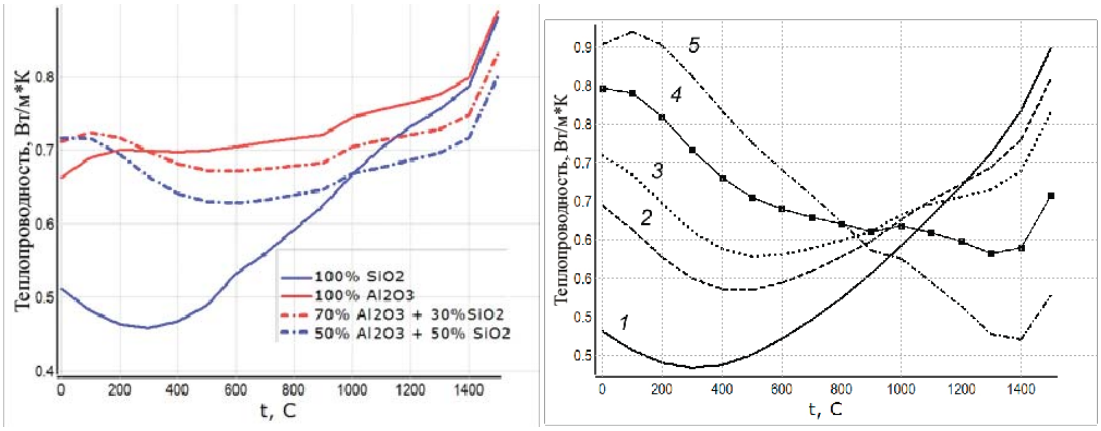


Рис. 2. Зависимость теплопроводности от температуры и соотношении долей компонентов в составе наполнителя (*а*) и доли жидкостекольного связующего (*б*)
а: доля связующего 3%; диаметр зёрен наполнителя d = 0.42 мм;
б: состав наполнителя 70% SiO_2 и 30% Al_2O_3, диаметр зёрен наполнителя d = 0,28 мм
Доля жидкостекольного связующего (W, %): 0.10 (*1*); 0.70 (*2*); 1.0 (*3*); 3.0 (*4*); 8.0 (*5*)

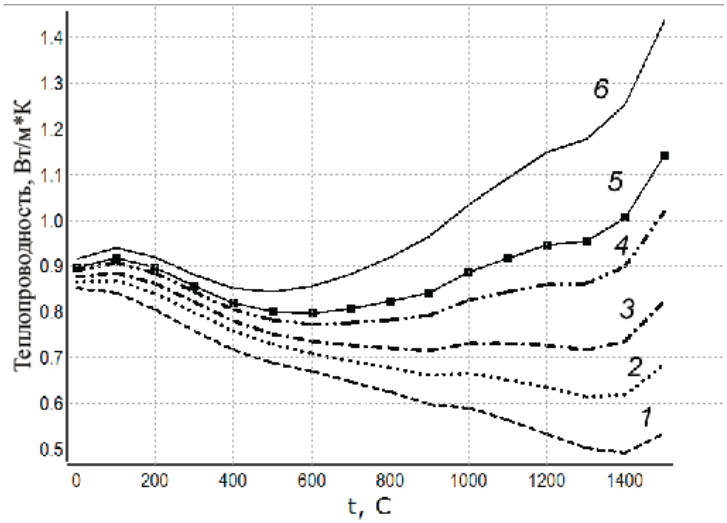


Рис. 3. Зависимость теплопроводности смеси 70%Al_2O_3+30%SiO_2 от температуры для разного диаметра зёрен наполнителя при количестве введенного связующего 4%
$d_э$: 0.1 (1); 0.3 (2); 0.5 (3); 0.8 (4); 1.0 (5); 1.5 (6)

Увеличение среднего диаметра зерен непосредственно связано с повышением размеров пор, внутри которых реализуется передача тепла излучением [3, 4], интенсивность которой возрастает пропорционально разности третьих степеней абсолютной температуры зерен. Дополнительная причина этого явления обусловлена тем, что с повышением размера зерен наполнителя уменьшается их термическое сопротивление [3], что способствует увеличению эффективной теплопроводности.

Важной особенностью всех исследованных смесей, отчетливо проявляющейся на рис. 2, 3, независимо от характера представленных композиций на фоне различного изменения технологических факторов, является интенсивное увеличение их эффективной теплопроводности с повышением температуры выше 500–750°С. Этот эффект связан с

определяющим влиянием переноса тепла в межзерновых пустотах путем излучения, когда вклад внутризеренной теплопроводности и межзеренного термического контакта по сравнению с лучеиспусканием становится незначительным, что дополнительно приводит к перераспределению потоков тепла между зернами, имеющими разную проводимость (рис. 2, *а*). На фоне изменения преобладающего механизма переноса тепла в смеси происходит отмеченная выше высокотемпературная корректировка значений теплопроводности смесей с разным содержанием кварца (рис. 2, *а*) и вводимого связующего (рис. 2, *б*).

Выводы.

1. С использованием модернизированного программного комплекса, позволяющего моделировать теплообмен в объеме синтетических формовочных смесей, включающих различное соотношение минеральных компонентов – традиционного наполнителя (кварца) в сочетании с преобладающим содержанием корунда, значительно отличающихся плотностью, теплоемкостью и теплопроводностью, исследованы теплофизические особенности влияния ряда технологических факторов (размеры зерен, количество связующего и доли вводимого кварца). Важное повышение адекватности расчетных значений эффективной теплопроводности смесей получено с учетом интенсивного изменения проводимости межзерновых прослоек при нагреве жидкостекольного связующего.

2. Исследование теплопроводности синтетических формовочных смесей показали сложный характер их изменения для различных композиций кварц/корунд в зависимости от температуры при варьировании среднего диаметра зерен наполнителя и количества вводимого жидкостекольного связующего.

3. При умеренных температурах теплопроводность смесей разного состава (кварц/корунд) различается незначительно (в пределах 0,70–0,85 Вт/м·К) при более высоких значениях теплопроводности смесей, содержащих повышенную долю кварцевых зерен. Увеличение температуры смесей вплоть до 450°С сопровождается монотонным снижением их теплопроводности в результате снижения теплопроводности зерновой основы смесей при незначительном изменении теплопроводности оболочек связующего.

4. При высоких температурах (более 850°С), когда снижение теплопроводности жидкостекольного связующего становится весьма значительным (менее 0.5 Вт/м·К), смеси разного состава приобретают близкие и интенсивно возрастающие с температурой значения теплопроводности (до 1.1–1.6 Вт/м·К) соответственно определяющей роли лучистого переноса тепла в межзерновых промежутках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дульнев Г.Н., Новиков В.В. Процессы переноса в неоднородных средах. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 248 с.

2. Бройтман О.А., Голод В.М. Определение теплофизических характеристик формовочных материалов на основе моделирования их дисперсной структуры и переноса тепла кондукцией, конвекцией и лучеиспусканием // Сб. Литейное производство сегодня и завтра. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – С. 148–150.

3. Бройтман О.А., Голод В.М. Структурная модель теплообмена в дисперсных формовочных материалах для автоматизированного прогноза их теплофизических свойств // Труды III междунар. науч.-практ. конф. «Прогрессивные литейные технологии». – М.: МИСиС, 2005. – С. 271–276.

4. Beno J., Jelinek P., Spirutova N. Moulding Mixtures. – Techn. Univ. Ostrava, 2015. – 168 p.

5. Nagata K. and Goto K.S. Metallurgical slags and fluxes. – 2nd Int. Symp.; Lake Tahoe, NY publ. TMS-AIME; Warendale, PA (1984). – P. 875–889.

УДК 004.896 + 65.011.56

Е.У. Яхяева, Р.Р. Гайсин, М.Х. Седлер
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СОРТИРОВКИ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В качестве исследуемой проблемы выбрана одна из глобальных экологических проблем – загрязнение окружающей среды, выраженное непрекращающимся приростом отходов жизнедеятельности человека. Данная проблема *актуальна* и в нашей стране.

К способам утилизации отходов относятся: хранение на полигонах, сжигание, переработка. Практически вся масса образующихся в России отходов (~90%) отправляется на захоронение на полигоны, что наносит вред почве, является причиной загрязнения грунтовых вод, атмосферы, и т.д. Также, нередки случаи самовозгорания мусора на полигонах и свалках из-за скопления биогаза.

Для решения проблемы постоянного прироста свалок, отходы необходимо перерабатывать и в дальнейшем производить из них вторичное сырье/энергетические ресурсы. Качество (однородность) сырья, получаемого в результате переработки, напрямую зависит от содержания массы перерабатываемых отходов (требуется их предварительная сортировка). Были исследованы сортировочные линии, реализованные на территории нашей страны; выявлено, что они имеют низкую производительность для того объёма отходов, который необходимо отсортировывать. Вследствие чего было принято решение разработать проект высокопроизводительной сортировочной линии, в состав которой, в том числе, будет входить роботизированная сортировка отходов, которая повысит производительность линии, снизит её себестоимость, освободит персонал (выполняющий ручную сортировку) от вредного производства. В ходе выполнения научно-исследовательской работы было разработано техническое задание на комплекс роботизированной сортировки отходов [1]. Следующим этапом является изготовление и проведение испытаний опытного образца.

Целью работы является разработка, изготовление и проведение испытаний опытного образца комплекса роботизированной сортировки отходов.

Задачами работы являются:

- разработка конструкторской и технологической документации;
- создание программного обеспечения;
- изготовление (закупка комплектующих изделий и материалов, сборка);
- проведение испытаний (в различных условиях и с изменением параметров, устанавливаемых при сортировке);
- обработка результатов испытаний (корректировка конструкции и программного обеспечения с целью повышения качества работы комплекса).

В соответствии с техническим заданием [1] в состав опытного образца (рис. 1) входят следующие элементы:

- конвейер для подачи мусорных фрагментов;
- контейнер для хранения отсортированного мусора;
- механическая часть сортировочного модуля (состоит из модуля линейного перемещения (направляющие, каретка) и схвата);
- система машинного зрения (компоненты: камера, оптика, свет, вычислитель) [2, 3];
- программное обеспечение для распознавания отходов.

Комплекс состоит из модуля перемещения отходов и сортировочного модуля, в состав которого входит механическая часть (захват отходов и удаление их с конвейера) и система машинного зрения (распознавание отходов). Так как задачи, решаемые системой машинного зрения, имеют высокую сложность и трудоёмкость, на данном этапе принято решение о

разработке программного обеспечения только для одного вида отходов – пластмассовых бутылок. Заданы минимальные и максимальные размеры отходов (длина l и ширина b): $l_{min} = 80$ мм, $b_{min} = 15$ мм, $l_{\max} = 300$ мм, $b_{\max} = 80$ мм. При разработке необходимо учитывать, что вероятность предварительной сортировки и "подготовки" отходов (очищение от загрязнений и др.) перед их поступлением на сортировочную линию – минимальна (в нашей стране раздельный сбор мусора осуществляется крайне редко). Бутылки могут поступить на конвейер с этикетками, с крышками и без крышек, с трещинами, деформированные, с неизвестным содержимым, загрязненные и т.д. Отличие от первоначального вида существенно увеличивает объём работ при создании программного обеспечения, так как одной из основных задач является наполнение базы данных образов отходов различными вариантами (их внешний вид, ориентация на конвейере и др.).

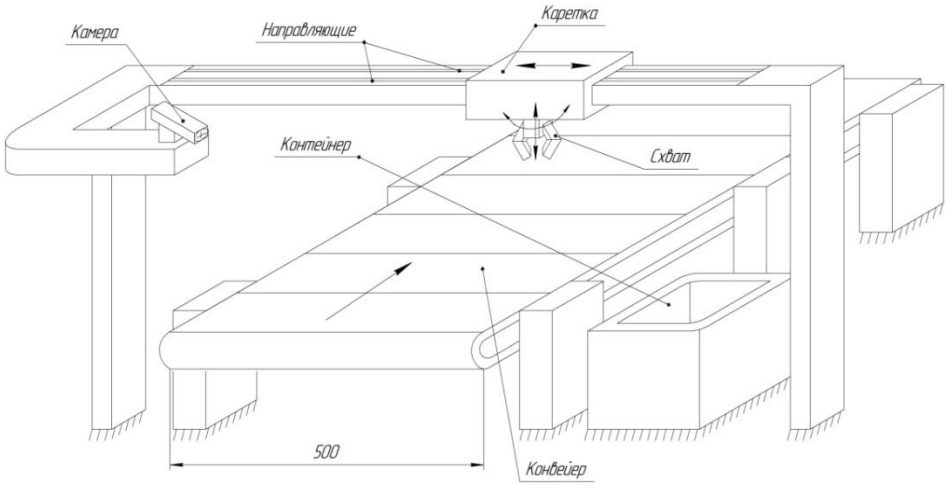


Рис. 1. Эскиз опытного образца комплекса роботизированной сортировки отходов с обозначением основных элементов

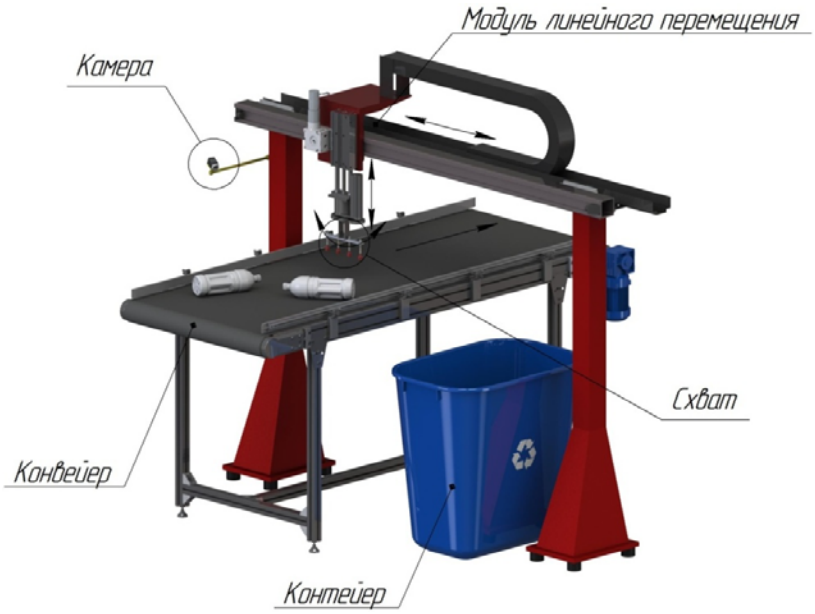


Рис. 2. 3D-модель опытного образца комплекса роботизированной сортировки отходов с обозначением основных элементов

На рис. 2 представлена разработанная 3D-модель образца комплекса. Принцип работы: загрузка массы отходов на конвейер; получение изображения от камеры; определение, к

какому типу отходов относится фрагмент на изображении, его размеров и положения; если тип отходов – пластмассовая бутылка, то: перемещение каретки по направляющим в заданные координаты; вертикальное перемещение схвата; вращение схвата (ориентация зависит от положения фрагмента на конвейере); захват фрагмента; сброс фрагмента в контейнер.

После сборки образца проводятся различные испытания. Основная характеристика комплекса – процент распознаваемости отходов. Для достижения требуемого процента испытания будут проводиться при различных параметрах; будут отслеживаться возможные ошибки, возникающие после внесения каких-либо изменений. Изменению, в том числе, подлежит и процент распознаваемости. Это необходимо для получения массива данных и дальнейшего анализа процесса.

В конструкции схвата (рис. 2, 3) используются промышленных вакуумных присосок (2,5 гофра) установленных на пружинных плунжерах, что позволит при контакте с объектом адаптироваться к его форме.

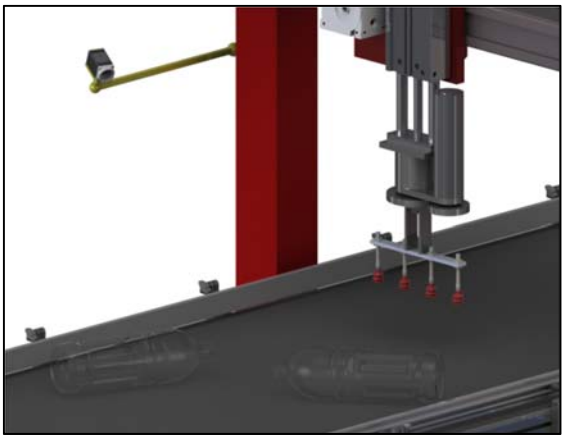


Рис. 3. Увеличенное изображение зоны схвата (см. рис. 2)

К параметрам комплекса (изменяемым) относятся: скорость движения конвейера, скорость перемещения каретки, скорость выдвижения схвата, особенности конструкции узлов комплекса. Ожидаемые ошибки: непопадание в контейнер (a, шт.), пропуск фрагментов (b, шт.), ненадежный захват фрагмента (c, шт.). В табл. 1 представлен общий формат записи значений параметров, ошибок.

Таблица 1. Пример таблицы для записи исследуемых ошибок

Параметр: скорость конвейера, м/мин.	Распознаваемость, %			
	p_1	p_2	…	p_m
v_1	$a_{11}, b_{11}, c_{11},$	a_{12}, b_{12}, c_{12}	…	a_{1m}, b_{1m}, c_{1m}
v_2	a_{21}, b_{21}, c_{21}	a_{22}, b_{22}, c_{22}	…	a_{2m}, b_{2m}, c_{2m}
…	…	…	…	…
v_n	a_{n1}, b_{n1}, c_{n1}	a_{n2}, b_{n2}, c_{n2}	…	a_{nm}, b_{nm}, c_{nm}

Согласно п. 6.5.1 [4], после проведения анализа результатов испытаний опытного образца, при необходимости, будет произведена доработка конструкции/программного обеспечения/др. для достижения полного соответствия заданным техническим требованиям. Комплект документации опытного образца будет использован в качестве основы при разработке рабочей конструкторской документации комплекса роботизированной сортировки отходов.

На данный момент разработана механическая часть сортировочного модуля. Следующим этапом является разработка системы машинного зрения. Основные задачи, при его выполнении:

- исследование актуальных решений в области машинного/технического зрения;
- изучение аналогов систем, применяемых для сортировки, и их эффективности (при внедрении на отечественных сортировочных линиях);
- определение состава системы (основных её компонентов);
- подбор комплектующих изделий и др.

При успешной реализации НИОКР возможно существенное повышение производительности и эффективности работы сортировочных линий, повышение качества отходов, поступающих на переработку. Также, с увеличением объёма отсортированных отходов, увеличится прибыль мусороперебатывающих предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.У. Яхяева, М.Х. Седлер. Автоматизация процесса сортировки мусора // Неделя Науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт металлургии, машиностроения и транспорта. Ч. 2. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 125–128.

2. ВиТэк. Системный интегратор в области измерений и автоматики. [Электронный ресурс]. Режим доступа – https://www.vitec.ru/components/komponenty-sistem-mashinnogo-zreniya/ (Дата обращения: 09.10.2019).

3. TURCK.COM [Электронный ресурс]. Режим доступа – http://pdb2.turck.de/ru/DE/groups/000000060003bec000030023 (Дата обращения: 12.10.2019).

4. ГОСТ Р 15.301-2016. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – Взамен ГОСТ Р 15.201-2000; введ. 2017-07-01. – Москва: ФГУП "Стандартинформ", 2016. – 16 с.

УДК 620.17.05

А.А. Брянский, А.К. Васильев, А.Н. Попов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМОПРИВОДОМ УДАРНОГО СТЕНДА

Ударным воздействиям подвергается большинство изделий промышленного производства: начиная от детских игрушек и заканчивая сложными измерительными приборами. Для имитации этих воздействий, которые чаще всего появляются во время транспортировки и эксплуатации изделий, применяются ударные стенды.

Актуальность исследований и разработки ударных стендов обусловлена высоким спросом на оборудование российского производства в рамках программы импортозамещения со стороны отечественной промышленности, а также постоянным совершенствованием элементной базы, позволяющей создавать новые более эффективные повышающие конкурентоспособность конструктивные решения и алгоритмы управления.

Описание установки. Стандарты разделяют ударные испытания на одиночные и многократные. Основное требование, предъявляемое к испытательным ударным стендам, сводится к созданию ударных импульсов ускорения заданной формы, амплитуды и длительности. При многократных ударах нормируется частота следования импульсов ускорения [1].

Разработка алгоритма управления велась для стенда многократных ударов СМУ1200 (рис. 1, *а*), спроектированного на кафедре «Автоматы» с использованием технических решений, защищенных патентом RU 168467 [2].

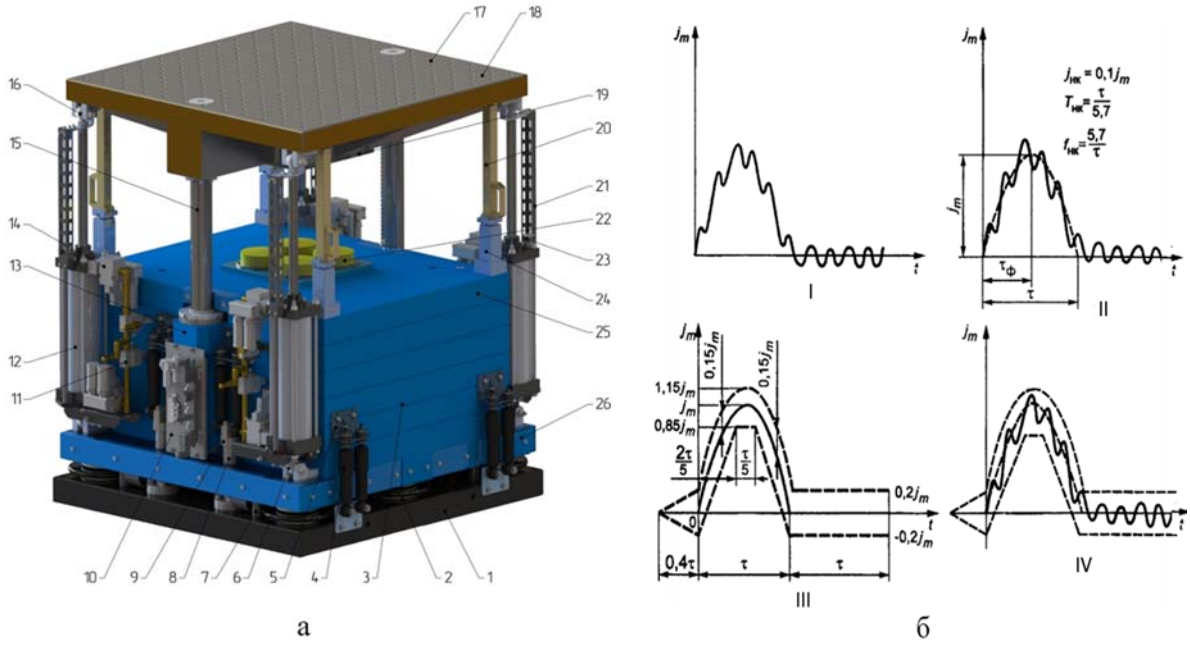


Рис. 1, *а* – Ударный стенд СМУ1200: 1 – плита-подошва, 2 – пневмоподушка, 3 – стальная плита инерционного блока, 4 – амортизатор, 5 – верхняя опора, 6 – сферическая опора, 7 – нижний упор, 8 – направляющая, 9 – верхний упор, 10 – пневмопанель, 11 – электропневматический преобразователь давления, 12 – пневмоцилиндр, 13 – опора направляющей, 14 – клапан, 15 – направляющая, 16 – сферический шарнир, 17 – сетка резьбовых отверстий, 18 – стол, 19 – боек, 20 – упор, 21 – линейка, 22 – наковальня, 23 – индуктивный преобразователь, 24 – стойка, 25 – верхняя плита, 26 – нижняя плита
б – Последовательность действий для оценки полусинусоидальной формы импульса: I – осциллограмма исходного импульса; II – выявление усредненного профиля импульса, III – нормированная форма импульса; IV – оценка формы импульса

Пневмоцилиндр 12 обеспечивает подъем стола 18 с закрепленным на нем изделием на заданную высоту, определяемую параметрами испытаний, и последующее свободное или ускоренное падение стола на наковальню 22. Формирование ударного импульса осуществляется за счет формирователя (программатора), который закреплен на наковальне. Для минимизации воздействия ударов на окружающее оборудование инерционный блок 3 устанавливается на пневматических подушках 2. Для исключения раскачивания инерционного блока на пневматических подушках, в конструкцию введены демпфирующие элементы – амортизаторы 4. Они ограничивает скорость сжатия и расширения воздуха в подушках, поглощая большую часть энергии колебаний и превращая ее в тепловую [3].

Длительность импульса зависит от материала, формы и количества формирователей, а амплитуда в свою очередь зависит от скорости, которую стол с испытуемым изделием имеет в начальный момент удара. Скорость же зависит от высоты падения стола.

Для контроля параметров ударных импульсов, используется ударный акселерометр, который закреплен на ударном столе 18 [4].

Порядок анализа ударного импульса описан в ГОСТе 51371-99 [5] (рис. 1, *б*).

Алгоритм управления пневмоприводом. Для поддержания постоянной амплитуды импульса во время многократных ударов требуется управлять пневмоприводом, постоянно контролируя фактически получаемые значения амплитуды, и, сравнивая их с уставкой, корректировать входные параметры.

Пневматическая схема управления пневмоприводом представлена на рис. 2. Подача воздуха в полость цилиндра CS1BN125TF-430R осуществляется при помощи пневматического распределителя VG342R-50Z-10F-Q, а задание давления в полостях при помощи электропневматического регулятора давления VY1301-304F. При движении вверх, на

нижний распределитель подается напряжение и в нижнюю полость поступает давление определенной величины. При движении вниз, нижний распределитель находится в положении по умолчанию, а верхний в зависимости от задачи может находиться в одном из двух положений.

Структурная схема управления пневмоприводом представлена на рис. 3. Основными параметрами при управлении являются: длительность подачи давления (время открытия) и величина подаваемого давления.

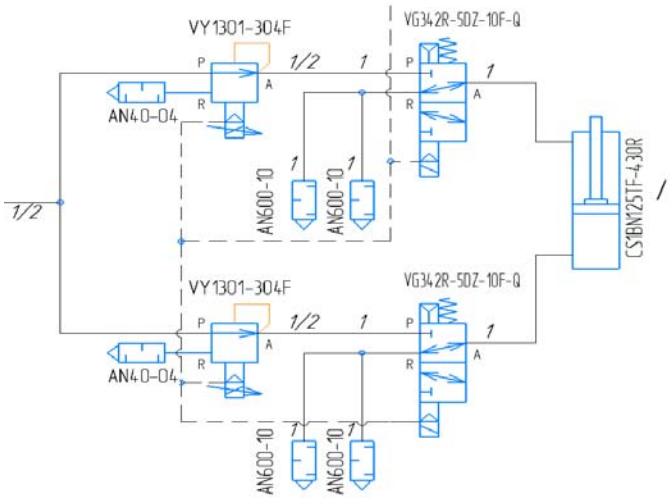


Рис. 2. Пневматическая схема

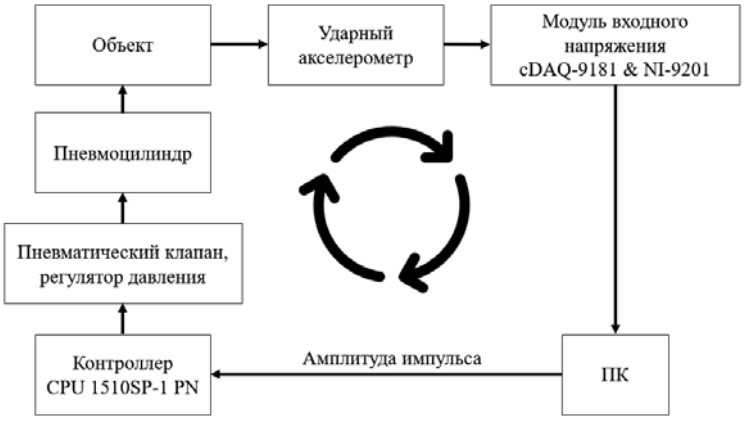


Рис. 3. Схема управления пневмоприводом

Алгоритм управления при многократных ударах состоит из следующих этапов:

1. Первоначальный удар: параметры определяются согласно теоретическому уравнению и по алгоритму, описанному в статье [6], в зависимости от требуемой амплитуды.

2. Контроллер Siemens CPU 1510SP-1 PN, определив параметры первого удара задает уставку по давлению на электропневматический регулятор и открывает распределитель на заданное время.

3. Удар записывается при помощи акселерометра, установленного на столе, подключенного к шасси NIcDAQ-9181 через модуль входного напряжения NI-9201.

4. Сигнал с акселерометра обрабатывается на промышленном компьютере, где находится ударный импульс и определяются его характеристики.

5. Далее амплитуда сигнала отправляется контроллеру.

6. Контроллер в зависимости от полученной амплитуды изменяет или не изменяет параметры удара: давление и длительность.

7. Производится повторный удар с новыми параметрами.

8. Пункты 3-7 повторяются пока не выполнится нужное количество ударов.

Корректировка параметров удара (пункт 6). После определения контролером амплитуды удара при необходимости выполняется изменение параметров управления: времени открытия клапана и подаваемого давления.

В первую очередь увеличивается/уменьшается время открытия клапана. Если же время достигает нижней или верхней границы, которые обоснованы минимальным временем открытия и максимально возможным при данной частоте ударов, тогда устанавливается среднее время и корректируется давление, после чего возможна повторная корректировка времени. При достижении верхней или нижней границы давления подключается давление ускорения при падении ударного стола, которое подается в верхнюю полость цилиндра.

Программа управления для стенда СМУ1200 написана в TIAPortalV15 для контроллера Siemens CPU 1510SP-1 PN.

Анализ данных акселерометра (пункт 4). Поскольку стенд работает в автоматическом режиме, то при каждом ударе требуется определять параметры ударного импульса вне зависимости от зашумленности его осциллограммы. Помимо отображения импульса на экране панели управления, параметры удара необходимы контроллеру для корректировки параметров управления для выполнения последующего удара. Поэтому при каждом ударе стоит задача детектирования ударного импульса и оценка его параметров.

Определение ударного импульса и его параметров, а также обрисовка осциллограммы выполнена в программной среде LabView. Прежде всего необходимо определить область ударного импульса. Контроллер детектирует момент начала подъема стола, после этого начинается запись, которая составляет 500 мс, сам удар длится около 10 мс, в связи с этим возникает необходимость «обрезать» лишнюю часть сигнала и выделить из нее только полезный сигнал – момент удара (ударный импульс). Пример записанных и необработанных данных представлен на рис. 4.

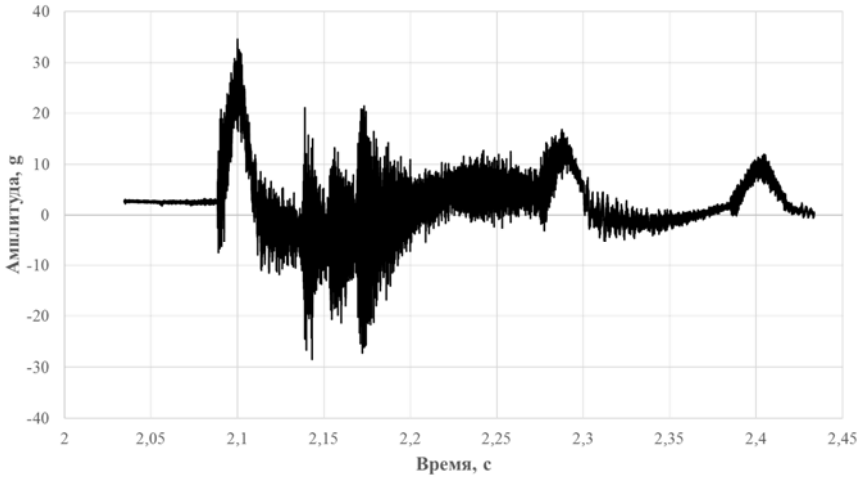
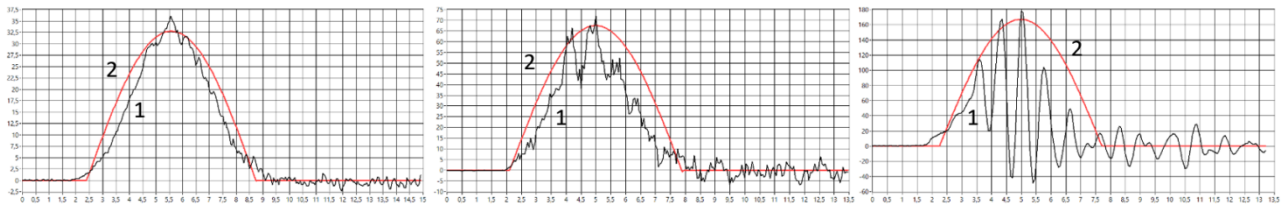


Рис. 4. Пример сигнала акселерометра

Ударный импульс детектируется по максимуму и длительности, примерная длительность известна. В стендах многократных ударов она не превышает 40 мс.

После детектирования области ударного импульса, необходимо определить пиковое ударное ускорение и длительность импульса. Задача осложнена тем, что фактическая форма сигнала акселерометра может иметь существенно разный вид. При увеличении ускорения исходный сигнал с акселерометра стенда СМУ1200 становится сильно зашумленным и появляются трудности не только в определении его параметров, но и в детектировании

области/участка удара в сигнале. Примеры ударных импульсах при трех разных пиковых ударных ускорениях показаны на рис. 5.



а *б* *в*

Рис. 5. Ударный импульс
пиковые ударные ускорения: *а* – 35 g; *б* – 75 g; *в* – 150 g
1 – исходный; 2 – идеальный полусинус

Для анализа сигнала используется следующий алгоритм:

1. Определение пикового ударного ускорения.

2. Сглаживание сигнала при помощи Инверсного фильтра Чебышева (фильтра Чебышева 2 рода) [7]. Используется фильтр большого порядка (n>3) с частотой среза более 500 Гц.

3. Начало импульса определяется при помощи производной. От производной в точке с пиковым значением движемся в сторону убывания индексов в поиске индекса, где производная близка к нулю.

4. Определение точки окончания импульса: происходит подобным образом, как и при поиске его начала, однако также производится проверка на симметричное расположение пикового значения ударного ускорения.

5. Длительность на заданном уровне определяется как разница во времени между первым появлением требуемого значения сигнала на восходящем фронте и вторым появлением – на нисходящем.

6. Обрисовка импульса по найденным параметрам.

7. Выполнение проверки импульса на соответствие заданному.

Благодаря предложенному алгоритму идентификация ударного импульса происходит во всем диапазоне работы стенда; 3–150 g. На мониторе оператора стенда импульс представляется в виде идеального полусинуса с полями допусков ±15%. Совмещенные графики исходного и обрисованного полусинусоидального ударного импульса отображены на рисунке 5.

По осциллограммам ударных импульсов можно оценить параметры удара, а также сделать выводы о его соответствии полусинусоидальному импульсу.

При задании пикового ударного ускорения 35 g (рис. 5, *а*) реальная амплитуда составила 32,75 g и длительность – 6 мс, при этом сигнал лишь немного зашумлен и соответствует полусинусоиде, значительных колебаний сигнала не наблюдается.

При задании 75 g (рис. 5, *б*) реальная амплитуда – 67,53 g и длительность – 6 мс, при этом сигнал значительно зашумлен, но все еще близок к полусинусоиде, явных колебаний сигнала не наблюдается.

При задании пикового ударного ускорения 150 g (рис. 5, *г*) реальная амплитуда составила 158,15 g и длительность – 6 мс, при этом сигнал сильно зашумлен наложенными колебаниями с частотой 1,25 кГц.

Вывод. Разработан новый алгоритм определения параметров ударного импульса. Благодаря этому появилась возможность анализа сильно зашумлённых сигналов и определения их параметров. При эксплуатации стенда СМУ1200 алгоритм позволил устранить проблемы перерегулирования и минимизировать количество пробных ударов при входе пикового ударного ускорения в поле допуска. В дальнейшем планируется провести детальный

анализ конструкции стенда на возможные причины появления наложенных колебаний при больших ударных ускорениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А.Н., Полищук М.Н. Испытательные машины. – монография. Екатеринбург: Изд-во «Уральский рабочий». – 2017. – 217 с.

2. Полезная модель RU168467U1. Машина для ударных испытаний. Приоритет от 17.10.2016. Попов А.Н., Пуленец Н.Е., Тимофеев А.Н.

3. А.Н. Попов. Выбор оптимальной конструкции стола ударного стенда / А.Н. Попов, А.К. Васильев // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19–24 ноября 2018 г. Институт металлургии, машиностроения и транспорта. Ч. 2. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 413 с.

4. ГОСТ Р ИСО 8568-2010. Стенд для ударных испытаний. Москва, Госстандарт, 2011. – 28 с.

5. ГОСТ Р 51371-99. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие ударов. Москва, Госстандарт, 2000. – 28 с.

6. А.А. Брянский Определение давления для подъема стола ударного стенда на требуемую высоту / А.А. Брянский, Н.Е. Пуленец // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19–24 ноября 2018 г. Институт металлургии, машиностроения и транспорта. Ч. 2. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 413 с. – С. 19–22.

7. Лем Г. Аналоговые и цифровые фильтры. – Москва: Изд-во «Мир», 1982. – 302 с.

УДК 621.983

И.И. Мельников, И.Э. Ананьин, В.С. Мамутов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ФОРМОВКИ ТОНКОЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА ПОЛИУРЕТАНОМ

В условиях современного мелкосерийного производства эффективны технологические процессы, обеспечивающие высокое качество и низкую себестоимость деталей при сжатых сроках подготовки производства. Для большого класса осесимметричных тонкостенных деталей типа мембран наиболее целесообразно их изготовление при помощи полиуретанов, используемых в качестве эластичной матрицы или пуансона [1]. Однако часто на практике эффективность подобных технологий низка и не оптимальна, что в значительной степени связано с отсутствием научно обоснованных методик проектирования: может происходить разрушение или складкообразование заготовки, может не хватить усилия оборудования для штамповки. Разработка методик проектирования связана с расчетом параметров напряженно-деформированного состояния заготовки, определения давления формоизменения полиуретана [2]. В общем случае подразумевается решение нелинейных краевых задач механики деформирования оболочек, моделирующих заготовку, а также задач, моделирующих поведение полиуретана и других элементов технологической оснастки. С развитием компьютерной техники и программного обеспечения в конце 80-х годов прошлого века решение может быть выполнено при помощи известных конечно-элементных (КЭ) комплексов, например, LS-DYNA [3]. Однако в настоящее время вопросы компьютерного моделирования штамповки полиуретаном недостаточно разработаны.

Целью данной работы являлась разработки компьютерной модели формовки листового металла полиуретаном на примере осесимметричной детали с гофрами из латуни Л68 с использованием КЭ комплекса LS-DYNA.

Геометрическая модель. Модель матрицы, определяющая форму детали и начальный диаметр заготовки (110 мм), представлена на рис. 1.

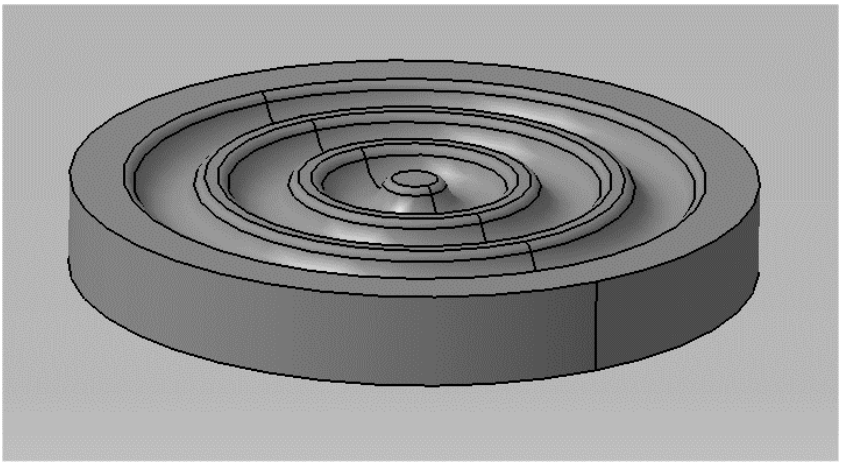


Рис. 1. Геометрическая модель матрицы

Компьютерная модель полиуретана. В качестве модели материала полиуретана выбрана модель MAT_027 с картой «*MAT_MOONEY-RIVLIN_RUBBER» [3]. Параметры модели определяются функцией плотности энергии деформации:

$$W = A(\bar{I}_1 - 3) + B(\bar{I}_2 - 3) + C(I_3^2 - 1) + D(I_3 - 1)^2,$$

где

$$C = 0.5A + B,$$

$$D = \frac{A(5\nu - 2) + B(I_2\nu - 5)}{2(I_1 - 2\nu)}.$$

В данных соотношениях ν – коэффициент Пуассона, 2(*A*+*B*) – модуль сдвига, I_1, I_2, I_3 – инварианты правого тензора Коши-Грина.

Рекомендуемая величина коэффициента Пуассона: ν∈[0.49, 0.5]. При меньших значениях модель не работает, что предполагает практически несжимаемый материал. При расчете задавалась величина ν = 0.495. Полиуретан имеет модуль объемного сжатия порядка $(0.2–0.35)\cdot10^4$ МПа в зависимости от твердости по Шору [4]. С учетом, того что давление штамповки может достигать 10 МПа и больше, предположение о несжимаемости полиуретана может дать определенную погрешность расчетов.

Для полиуретана с твердостью по Шору 65–80 единиц величины констант задавались: *A* = 190 psi, *B* = 95.9 psi [5] с переводом в мегапаскали (1 [МПа] = 145.03773773 [psi]). Плотность задавалась ρ = 1300 кг/м^2.

Компьютерная модель заготовки. Расчет велся в осесимметричной постановке. Тип элемента выбирался 2D Solid 162.

Для модели материала задавалась карта «*MAT_POWER_LAW_PLASTICITY». Расчет осуществлялся для латуни Л68 толщиной h_0 = 0.8 мм в предположении изотропности материала и степенного закона деформационного упрочнения

$$\sigma_s = B\varepsilon_i^m$$

с параметрами: *B* = 740 МПа, *m* = 0.45, где ε_i – эффективная деформация.

Упругие константы материала задавались: $E = 1.15\cdot10^{11}$ Па – модуль Юнга, ν = 0.35 – коэффициент Пуассона. Плотность материала задавалась ρ = 8300 кг/м^3.

Коэффициент кулоновского трения задавался μ = 0.2 для состояния покоя и μ = 0.1 при движении.

Компьютерные модели материалов матрицы, контейнера и плунжеров. Модели упругого изотропного материала задавались картами «*MAT_ELASTIC». Упругие константы материала брались: $E = 2.1\cdot10^{11}$ Па – модуль Юнга, ν = 0.3 – коэффициент Пуассона. Плотность материала задавалась ρ = 7800 кг/м^3.

Параметры перемещения задавались плунжеру и соответствовали штамповке на гидравлическом прессе со скоростью 10 мм/с.

Принята удобная для конструкторов система единиц: *Т – мм – с*. Использование такой системы единиц позволяет импортировать геометрическую модель в *мм*, а результаты давления получаются в *МПа*.

Технологическое устройство и деталь в момент полного заполнения рельефа матрицы, показаны на рис. 2. Так как задача решается в упругопластической постановке, можно также оценить пружинение заготовки. Для этого достаточно после полного заполнения рельефа снять нагружение, и разница размеров заготовки даст величину упругого пружинения.

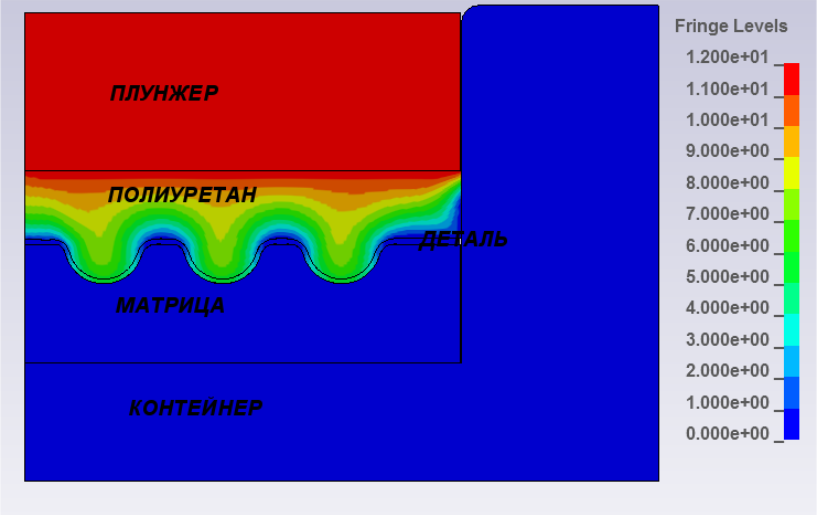


Рис. 2. Технологическое устройство и деталь в момент полного заполнения рельефа матрицы. Справа рисунка – диаграмма суммарных перемещений (в мм)

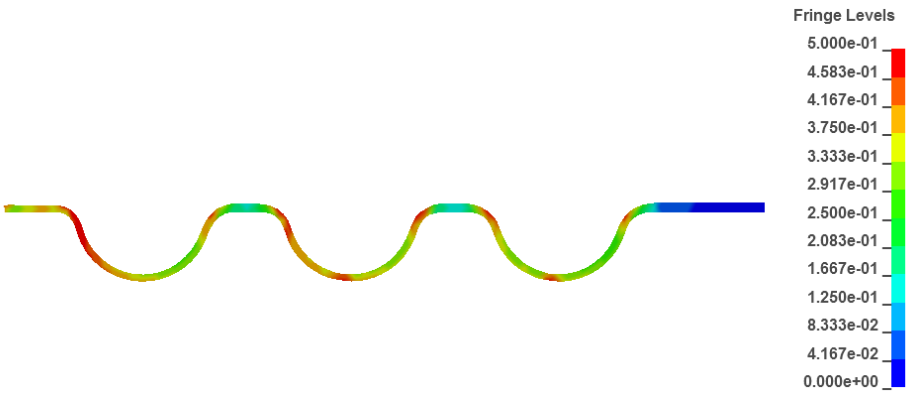


Рис. 3. Оценка деформированного состояния заготовки в момент полного заполнения рельефа матрицы по величине эффективных деформаций

Оценка деформированного состояния заготовки в момент полного заполнения рельефа матрицы представлена на рис. 3. На рисунке показано распределение эффективных деформаций вдоль образующей заготовки. Видно, что максимальное значений деформации – вблизи центра заготовки, а фланцевая часть практически не деформируется, т.е. фактически осуществляется процесс формовки за счет утонения материала заготовки.

На рис. 4 показано давление в полиуретане в разных точках контейнера (рис. 4, *а*). Сделана оценка неравномерности распределения давления по сечению контейнера (рис. 4, *б*). В пределах 5–7% давление можно считать равномерным по площади контейнера. Это дает

возможность при моделировании деформирования аналогичной заготовки рассматривать ее формоизменение независимо от полиуретана, задавая постоянное давление по площади. Кроме того, можно с достаточной точностью определить усилие технологического оборудования, умножая площадь контейнера на усилие.

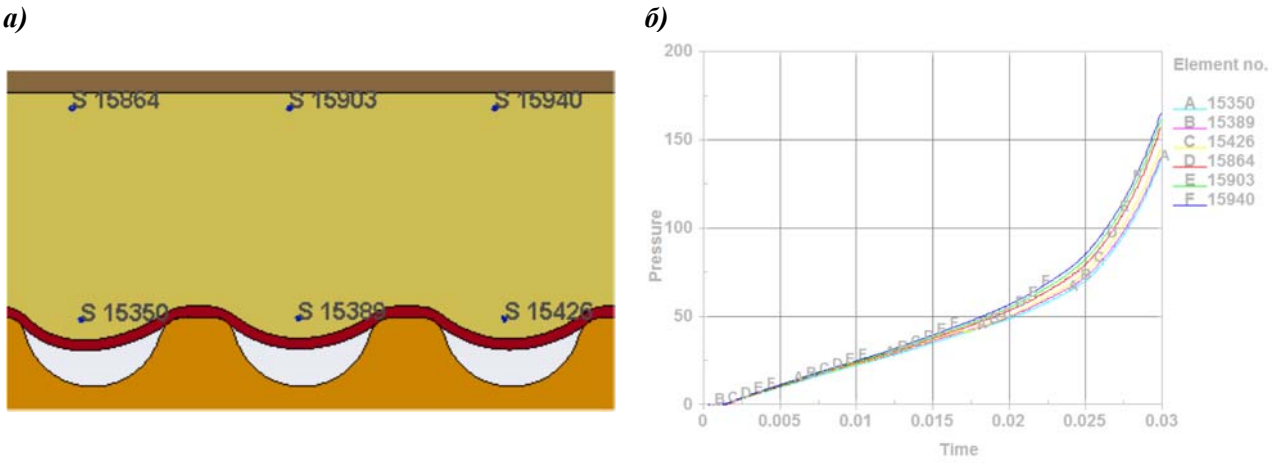


Рис. 4. Распределение давления в контейнере: *а* – отмеченные элементы в полиуретане, *б* – зависимость давления от времени в отмеченных элементах

В целом такой расчет дает возможность оценить параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) точек заготовки, НДС точек матрицы и контейнера, давления в полиуретане. Это дает возможность прогнозировать возможное разрушение материала заготовки, прочность матрицы и контейнера. Величина давления в полиуретане позволяет определить усилие гидравлического пресса, необходимое для заполнения рельефа матрицы.

Выводы. В программном комплексе LS-DYNA разработана компьютерная модель формовки листового металла полиуретаном. Расчеты выполнены для варианта формовки заготовки из латуни Л68 толщиной 0.8 мм. Компьютерная модель позволяет определить основные параметры технологического процесса. Применение модели полиуретана по типу Mooney–Rivlin показывает примерно равномерное давление по всему объему полиуретана в пределах 5–7%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров А.Д. Штамповка листовых и трубчатых деталей полиуретаном. – Л.: ЛДНТП, 1975. – 36 с.

2. Определение деформирующих давлений при формообразовании деталей из листа эластично-жидкостными и эластичными средами // Е.И. Исаченков / Кузнечно-штамповочное производство, № 10, 1976. – С. 10–13.

3. Hallquist J.O. LS-DYNA theoretical manual. Livermore Software Technology Corporation: Livermore, CA, 2006. – 498 p.

4. Вагин В.А., Здор Г.Н., Мамутов В.С. Методы исследования высокоскоростного деформирования металлов. – Минск: Наука и техника, 1990. – 207 с.

5. Даева Н.Н. Теоретические и экспериментальные исследования процессов разделения листового металла эластичными средами // Известия ВУЗов. Сер. "Машиностроение". – 2011. – № 6. – С. 38–43.

УДК 539.4:621.4

И.С. Кияев[1], Т.А. Макарова[1], Е.А. Хлопков[1], А.С. Турзаков[2], Ю.Н. Вьюненко[3]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2]АО «ГосНИИхиманалит», Санкт-Петербург,
[3]ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД», Санкт-Петербург

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА ПРОВОЛОКИ И КОЛИЧЕСТВА ЖИЛ В СЕЧЕНИИ КОЛЬЦЕВЫХ СИЛОВЫХ ПУЧКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА НА ДЕФОРМАЦИОННО-СИЛОВЫЕ СВОЙСТВА

В настоящее время практическое применение материалов с памятью формы широко известно специалистам из аэрокосмической и медицинской областей. Опыт десятилетней работы силовых пучковых элементов (КСПЭ, «металлические мышцы») из никелида титана, являющихся приводами прессов ШеР, в технологическом процессе изготовления слоистых материалов показал их надежность при многоцикловых условиях эксплуатации [1]. Первые кольцевые «металлические мышцы» в течение 10 последних лет осуществили более 1600 производственных циклов. Таким образом существует возможность организации технологических процессов с использованием функциональных свойств сплавов с эффектом памяти формы (ЭПФ).

Во время изучения технологических процессов изготовления слоистых материалов было обнаружено формоизменение, направленное в сторону сопротивления развитию эффекта памяти формы. Это положило начало исследованию деформационно-силовых свойств кольцевых конструкций. Были изучены следующие факторы, влияющие на развитие ЭПФ и генерации усилий КСПЭ: уровни противодействия восстановлению формы, температурные режимы функционирования, конструктивные параметры кольцевых элементов.

В работе [2] продемонстрированы деформационно-силовые свойства КСПЭ из проволоки с диаметрами сечения 2 мм и 2,5 мм. При этом сравнение их характеристик проводили при разных массах двух пар КСПЭ и химических составов сплавов, использованных для их изготовления. В связи с этим возникла необходимость определения качества работоспособности КСПЭ, выполненных из проволоки с разными диаметрами сечения, в одинаковых условиях.

Изучение конструкций из материалов с ЭПФ и особенностей их работы ведется с конца 80-х годов XX века. Разработкой методов расчета силовых элементов занимались Шипша В.Г. и Самойлов Н.С. с коллегами [3]. Проектирование функциональных приводов из материалов с ЭПФ, эксплуатируемых при разворачивании ферменных конструкций на орбитальной станции «Мир», осуществляли Лихачев В.А. и Разов А.И. [4]. М.А. Хусаинов изучал геометрические параметры сферических сегментов [5]. Данную проблематику в изучении приводов из сплавов с ЭПФ затрагивали в Воронеже Василенко А.Ю. и Косилов А.Т. [6], в Ухте и Сыктывкаре проводил исследования Андронов И.Н. [7]. Данное направление отражено и в трудах ученых ЦНИИ РТК и ФТИ им. А.Ф. Иоффе в Санкт-Петербурге, под началом Николаева В.И. и Пульнева С.А. [8], ИТА НАНБ в г. Витебск, Беларусь под руководством Рубаника В.В. [9], Абдрахманова С.А. и его коллектива из КГТУ им. И. Раззакова в Бишкеке [10], Кыргызстан, а также Коллеровым М.Ю. из РГТУ им. К.Э. Циолковского, г. Москва и других. Вклад геометрического аспекта в формоизменение конструкций из металлов с ЭПФ отражен и в исследованиях научных групп из Китая, Западной Европы и Северной Америки. В последние годы работа по моделированию механического поведения элементов, действующих на эффекте памяти формы, продолжается в ИПМ РАН, г. Москва Мовчаном А.А. и в СПбГУ коллективом под руководством Волкова А.Е. При этом внедрение математических моделей в расчет деформационно-силовых параметров кольцевых силовых пучковых элементов в настоящее время затруднено ввиду сложности их геометрической

формы. Проблема вызвана сложным распределением полей напряжений по контуру кольцеобразной конструкции.

В данной работе определяли влияние диаметра сечения проволоки из никелида титана на функциональные свойства КСПЭ при одинаковых химических составах сплавов. Для изготовления «металлических мышц» использовали проволоки из сплава Ti – 55,15 вес.% Ni. Две опытных пары образцов КСПЭ замкнутой кольцевой формы массой ~ 26 г формировались на оправке диаметром 63 мм. Первая пара состояла из 24 витков проволоки с диаметром сечения $d_{пр}$ = 1 мм. Вторую пару из проволоки с $d_{пр}$ = 2 мм сделали из 6 витков. После того как КСПЭ сняли с оправки и соединили свободные концы проволоки, диаметр силового элемента d_0 стал равным 59 мм.

Эксперимент осуществляли в динамометре ЛИНД (рис. 1), который имитирует силовое взаимодействие в ШеРах КСПЭ и обрабатываемых материалов. Деформацию КСПЭ задавали при помощи стальной спиральной пружины-контртела 2 (жесткостью К = 100 Н/мм) с приложением начального усилия F_0 при минимальной температуре термоцикла T = 279 К. В данных условиях материал силовых элементов находился полностью в мартенситном состоянии. После активного деформирования «металлические мышцы» вместе с ЛИНДом нагревали до ~ 403 К, переводя материал полностью в аустенитное состояние. Затем ЛИНД охлаждали вместе с термостатом до 299 К, а затем в холодильной камере до температуры 279 К. После этого проводили дополнительную деформацию силовых элементов и осуществляли очередной термоцикл. Во время испытаний наблюдали за формоизменением характеристического размера $d(t)$ по перемещению подвижной плиты 3 и определяли генерацию усилий по формуле $F_{ЭПФ} = F_0 + (d(t)-d_0(i))\cdot K$, где $d_0(i)$ – размер КСПЭ перед термоциклом.

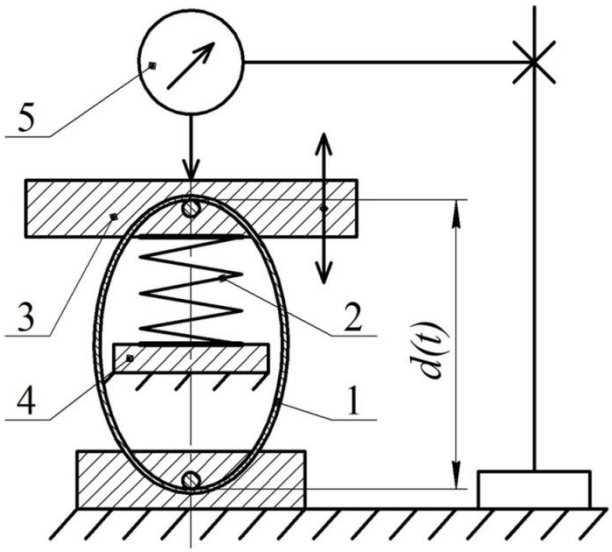


Рис. 1. Схема нагружения КСПЭ в динамометре ЛИНД:
1 – КСПЭ, 2 – контртело (спиральная пружина), 3 – подвижная пластина,
4 – регулирующая подвижная пластина (зафиксирована во время термоцикла),
5 – измерительная система, $d(t)$ – характеристический размер КСПЭ

Рост характеристического параметра $d(t)$ во время первого нагрева (рис. 2), направленный в сторону силового воздействия контртела, связан с «дефектом» модуля упругости, возникающим с началом перестройки кристаллической решетки при обратном мартенситном превращении. Продолжение нагрева привело «металлические мышцы» обеих конструкций к форме, приобретенной в результате начального деформирования. Охлаждение

под нагрузкой позволило наблюдать эффект пластичности превращения, который значительно повысил характеристический размер КСПЭ *d(t)*.

При формоизменениях «металлических мышц» ~ 10 мм значения F_0 для обеих пар оказались на одном уровне (рис. 3). Для этого потребовалось разное количество термоциклов. При таких начальных условиях результаты нагрева оказались следующими. Смещение в результате ЭПФ силовых элементов из проволоки с $d_{пр}$ = 2 мм (рис. 3, кривая 2) превзошло на 1,85 мм, более чем в 2,2 раза, аналогичный показатель КСПЭ из проволоки диаметром 1 мм, который равнялся 1,5 мм (рис. 3, кривая 1). Отметим, температура *T* начала формоизменения при нагреве у второй пары составляла 363 К, что на 4 К меньше *T* старта деформации ЭПФ КСПЭ во втором цикле и на ~ 10 К меньше *T* начала перемещений «металлических мышц» из проволоки диаметром 1 мм в 7 цикле.

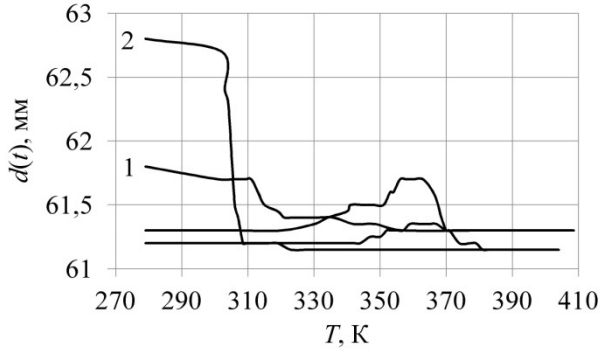


Рис. 2. Температурная зависимость формоизменения КСПЭ в 1 термоцикле: 1 – $d_{пр}$ = 1 мм, F_0 = 100 Н; 2 – $d_{пр}$ = 2 мм, F_0 = 290 Н

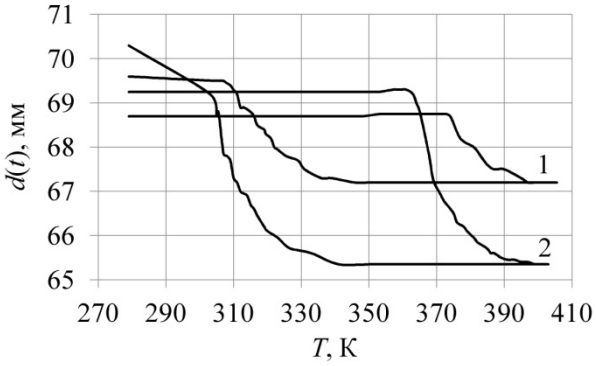


Рис. 3. Температурная зависимость формоизменения КСПЭ: 1 – $d_{пр}$ = 1 мм, F_0 = 280 Н, термоцикл 7; 2 – $d_{пр}$ = 2 мм, F_0 = 290 Н, термоцикл 4

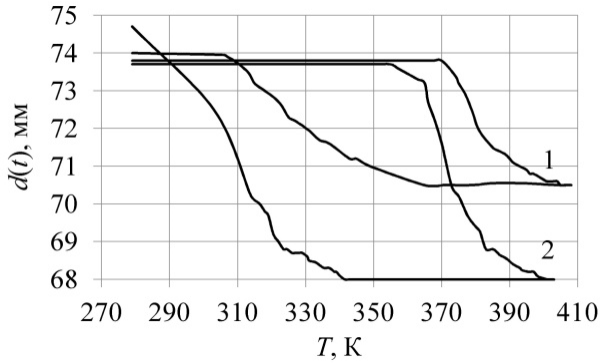


Рис. 4. Температурная зависимость формоизменения КСПЭ: 1 – $d_{пр}$ = 1 мм, F_0 = 290 Н, термоцикл 10; 2 – $d_{пр}$ = 2 мм, F_0 = 290 Н, термоцикл 7

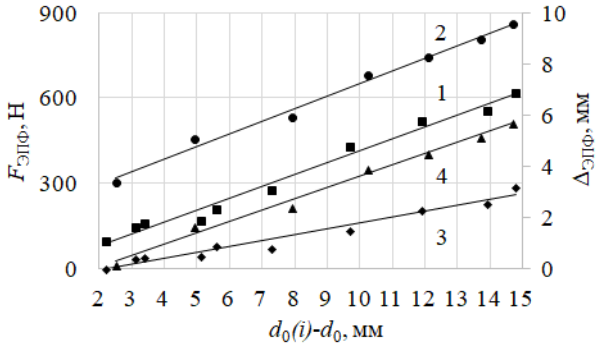


Рис. 5. Взаимозависимость развиваемых усилий $F_{ЭПФ}$ (1, 2) и перемещений ЭПФ $\Delta_{ЭПФ}$ (3, 4) от изменения исходного размера КСПЭ с термоциклированием перед нагревом: 1, 3 – $d_{пр}$ = 1 мм; 2, 4 – $d_{пр}$ = 2 мм

В следующих трех циклах приращения *d(t)* в обеих сериях экспериментов проходили при F_0 ~ 300 Н. При формоизменениях ~ 15 мм двух разных пар «металлических мышц» перед нагревом величины ЭПФ при 403 К возросли до 3,3 мм для образцов из 24-х пучков, а для КСПЭ из 6 витков – 5,7 мм (рис. 4). Деформационные показатели силовых конструкций из проволоки с $d_{пр}$ = 2 мм в ~ 1,7 раз превзошли параметры первой пары, выполненной из 24-х витков.

Деформационно-силовые характеристики кольцевых силовых пучковых элементов двух исследуемых конструкций в каждом из термоциклов продемонстрированы на рис. 5.

Генерируемые второй парой усилия $F_{ЭПФ}$ выше, чем у первой пары, на 200–300 Н от первого до последнего цикла соответственно (рис. 5, кривые 1 и 2). Однако в первом случае формоизменение в первых 5 циклах происходило при $F_0 \sim 100$ Н, в 6 цикле F_0 возросло до 200 Н, а к 7-му вышло на один уровень с начальным усилием контртела в серии, где испытывались КСПЭ из проволоки с диаметром сечения 2 мм. В этом случае F_0 были постоянными в каждом цикле и равнялись ~ 300 Н. При этом восстановление формы у 6-витковых образцов значительно выше, особенно по мере увеличения начальной деформации КСПЭ ($d_0(i) - d_0$, мм) (рис. 5, кривые 3, 4).

Отметим, максимум генерируемых усилий отмечен у второй пары на уровне ~ 860 Н (рис. 5, кривая 2). Однако, обращает на себя внимание следующий факт, с нарастанием силовых возможностей «металлических мышц» от цикла к циклу температуры начала смещений при обратном мартенситном превращении КСПЭ, состоящих из 6 витков, снизились до 357 К, а у первой пары до 372 К (рис. 4). Таким образом спад температур старта фазовых переходов при нагреве составили 6 К и 10 К для образцов из 24-х витков и 6-пучкового изделия, соответственно. При этом у первой пары температуры начала обратного превращения несколько выше, что связано с особенностями эволюции напряженного состояния в материале с меньшим диаметром сечения при трансформации кристаллической решетки, происходящей с нагреванием конструкции кольцевых силовых пучковых элементов из сплавов с памятью формы.

Для сравнительной оценки удельных силовых возможностей «металлических мышц» вводятся два коэффициента. Сило-силовой коэффициент $k_{FF} = F_{ЭПФ}/F_0$ характеризует отношение максимальной силы взаимодействия с контртелом к начальной. Показатель $k_{FF} = 3$ у КСПЭ из проволоки с $d_{пр} = 2$ мм, что в 1,5 раза превосходит значения первой пары. Сило-массовые коэффициент $k_{Fm} = F_{ЭПФ}/m$ отражает отношение максимальной силы взаимодействия с контртелом к массе конструкции, что определяет удельную силоемкость одного грамма изделия. Величина $k_{Fm} = 16{,}5$ Н/г у конструкции из 6 витков также оказывается превосходящей параметр силового элемента из проволоки с сечением 1 мм в 1,4 раза.

Таким образом, введенные коэффициенты оказываются эффективными в оценке деформационно-силовых характеристик КСПЭ. Эти показатели показывают предпочтительность использования проволоки с диаметром сечения 2 мм для изготовления кольцевых силовых элементов и приводов из никелида титана. Также обращает на себя внимание линейность исследуемых соотношений (рис. 5). Возрастание характеристического размера $d(t)$ с началом перестройки кристаллической решетки при нагреве в первых циклах может оказаться решением специальных задач, однако в ряде случаев может послужить негативным фактором. Для ликвидации этого деформационного процесса необходимо проводить термоциклирование в предложенном в работе режиме. При выборе сортамента из ряда сплавов с одинаковым химическим составом для решения технологических задач в заданных температурных условиях следует обратить внимание на интервалы термоупругих мартенситных превращений и возможность их смещения в результате термоциклирования. Количество термоциклов до вывода КСПЭ на оптимальные деформационно-силовые возможности также может быть различным для проволок разного сечения. Это говорит о необходимости разработки индивидуальных паспортов рабочих характеристик для каждой пары силовых элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вьюненко Ю.Н. Математическая моделирование деформационных процессов и опыт технологического применения ЭПФ // Фундаментальные проблемы современного машиностроения. – Т. 7. № 3, 2010. – С. 28–31.

2. Вьюненко Ю.Н. Исследование механических характеристик силовых элементов из материалов с ЭПФ // Вест. Тамб. универс. Серия: Естественные и технические науки – Т. 18, вып. 4. – Тамбов: Изд-во ТГУ, 2013. – С. 2023–2024.

3. Казаков В.Ю., Самойлов Н.С., Шипша В.Г., Лямин А.Е., Кравченко Ю.Д. К вопросу о генерации реактивных напряжений сплавами ТН-1К // Материалы с эффектом памяти формы и их применение. – Новгород - Л., 1989. – С. 43–45.

4. Кравченко Ю.Д., Лихачев В.А., Разов А.И., Трусов С.Н., Чернявский А.Г. Опыт применения сплавов с эффектом памяти формы при сооружении крупногабаритных конструкций в открытом космосе // Журнал технической физики. – Т. 66. № 11, 1996. – С. 153.

5. Хусаинов М.А., Попов С.А., Малухина О.А. Оптимизация геометрических параметров сферических сегментов из сплавов никелида титана с эффектом памяти формы // Журнал технической физики. – Т. 85. № 8, 2015. – С. 46–52.

6. Василенко А.Ю., Косилов А.Т., Скурихин А.Е. Размерные эффекты гистерезисного поведения при мартенситном превращении в монокристаллах Cu-Al-Ni // Механизмы деформации к разрушения перспективных материалов: Материалы XXXV семинара «Актуальные проблемы прочности». Ч. 2. – Псков, 1999. – С. 350–352.

7. Демина М.Ю., Андронов И.Н., Полугрудова Л.С. Влияние конструкционных параметров пружины растяжения из никелида титана на деформации и напряжения, реализуемые при термоциклировании через интервалы мартенситных переходов // Деформация и разрушение материалов. – № 6, 2015. – С. 20–24.

8. Пульнев С.А., Прядко А.И., Ястребов С.Г., Николаев В.И. Эффект памяти формы в монокристаллах Cu-Al-Ni, линейные и вращательные двигатели на их основе // Журнал технической физики. – Т. 88. № 6, 2018. – С. 843–849.

9. Пряхин С.С., Рубаник В.В. Моделирование неупругих процессов в пластине из нитинола при изгибе, снятии нагрузки и последующем нагреве // В сб.: Перспективные материалы и технологии. – Витебск: УО "ВГТУ", 2015. – С. 314–316.

10. Абдрахманов С.А., Кожошов Т.Т., Доталиева Ж.Ж., Джолдошбаева М.Б. Аналитическое исследование реактивных усилий составных пружин, одна из которых обладает свойством памяти формы // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – № 32-2, 2014. – С. 92–97.

УДК 655.025

Н.С. Феч, И.А. Ильина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ СВАРНОГО ШВА ГИБКОЙ РУЛОННОЙ УПАКОВКИ

Полимерные пленки, применяемые в качестве запечатываемых материалов при производстве гибкой рулонной упаковки, занимают лидирующие позиции в мире среди упаковочных материалов, поскольку сохраняют высокое качество пищевых продуктов в течение длительного срока, имеют минимальную массу, толщину и стоимость. Преимуществом полимеров также является избирательная проницаемость к газам и парам, а также способность гибко реагировать на различные внешние воздействия (ударные нагрузки, свет, влага). Ввиду того, что получение однородного полимера, отвечающего всем предъявляемым требованиям, на практике невозможно, в последние годы все большее применение находят многослойные полимерные материалы (ламинаты) [1].

Цель работы – исследовать влияния механических свойств материалов на прочность сварного шва гибкой рулонной упаковки.

В развитии полиграфического рынка в последнее время все в большей степени отмечается возрастающая роль сегмента этикеточно-упаковочного производства. В этом сегменте полиграфического рынка в 2019 г. продолжается, хотя и небольшой, но последовательный рост выпуска различных видов этикеток, упаковки и тары; происходит наращивание производственных мощностей, как за счет создания новых производств, так и диверсификации действующих типографий. На российском рынке пластиковой тары и

упаковки с 2010 года наблюдается положительная динамика объемов производства. При этом наибольший прирост объемов производства пришелся на 2016 год и составил 26,4% по отношению к 2015 году. Динамика объемов производства пластиковой тары и упаковки в 2010-2019 гг. представлена на рис. 1.

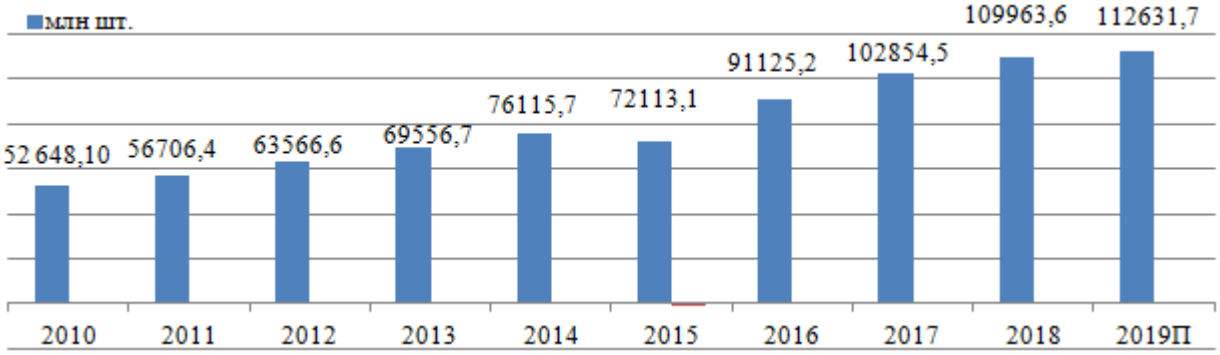


Рис. 1. Динамика объемов производства пластиковой тары и упаковки в 2010-2019 гг., млн шт.

По итогам 2018 года объем производства полимерной упаковки составил 110 млрд шт. – это на 108,9% больше по сравнению с данными 2010 года. Ожидается, что по итогам 2019 года рынок не затронут существенные изменения, и производство может несущественно вырасти (на 2,4%) по сравнению с результатами 2018 года и составит 112,6 млрд шт. [2].

Сегодня полиграфические предприятия, чтобы конкурировать с другими типографиями, обязаны обеспечить повышение уровня качества своей продукции. Для этого на протяжении всего технологического процесса должен осуществляться контроль качества: входной контроль поступающих материалов, операционный (контроль процессов) и выходной контроль, осуществляемый при сдаче готовой продукции.

Одной из основных функций упаковки является защитная функция, которая заключается в защите упаковываемого продукта от влияния климатических факторов, от повреждений и порчи при транспортировке и хранении в течение заданного времени в определенных условиях [3]. Для выполнения защитной функции к упаковке предъявляется ряд требований, в том числе требования к прочности сварного шва.

Исследуемые материалы. Для проведения лабораторного испытания были выбраны полимерные пленки, наиболее часто применяемые в качестве композитных материалов на производстве гибкой рулонной упаковки: прозрачный и металлизированный биориентированный полипропилен (BOPP), прозрачный неориентированный полипропилен (CastPP), полиэтилен высокого давления (ПЭВД). В табл. 1 представлены результаты входного контроля исследуемых материалов [4].

По результатам входного контроля, прочность сварного шва для различных материалов значительно отличается: наибольшая прочность сварного шва наблюдается у пленки ПЭВД толщиной 40 мкм (16,779 Н/мм), наименьшая – у прозрачной пленки BOPP толщиной 20 мкм (2,498 Н/мм).

Лабораторное оборудование. Универсальная испытательная машина серии S Hounsfield Test Equipment H5KS предназначена для определения механических и физических свойств материалов при растяжении, сжатии, сдвиге, изгибе и других нагрузках.

Термосварочная машина HSE-3 фирмы RDM Test Equipment предназначена для термосваривания материалов и определения наилучших параметров температуры t, ºС, времени T и давления P термосваривания различных композитных пленок для промышленного производства.

Методика проведения испытания. Испытания проводятся при температуре 23±3º С и относительной влажности воздуха от 40 % до 80 %. Для проведения лабораторного испытания необходимо из отобранных проб вырезать образцы шириной 15 мм и длиной 180 мм в

количестве 5 шт. На подготовленных образцах был сформирован сварной шов на термосварочной машине при следующих параметрах для комбинированного материала: t =135º С для верхнего и нижнего прижима; T=0,4 с; P=2,3 бар. На универсальной испытательной машине был установлен датчик силы на 250 Н, расстояние между зажимами 100 мм, скорость 100 мм/мин.

Таблица 1. Свойства полимерных пленок

Материал	Характеристика			Норма прочности сварного шва, (Н/мм)	Свойства материала
	Вид	Толщина, мкм	Прочность сварного шва, Н/мм		
BOPP	прозрачн.	20 мкм	2,498	2,3	высокая эластичность и прочность на разрыв, отличные барьерные свойства, высокая химическая устойчивость к неорганическим кислотам и щелочам, норма активации 38 din/см
	прозрачн.	25 мкм	2,833	2,5	
	металлиз.	20 мкм	2,741	2,3	
CastPP	прозрачн.	30 мкм	14,617	11,5	высокая механическая прочность, повышенная стойкость к кислотам и жирам, способность к термической сварке, норма активации 34–38 din/см
ПЭВД	прозрачн.	40 мкм	16,779	12	химическая устойчивость, сохранение механических свойств материалов при низких температурах, эластичность, низкая устойчивость на изгиб, газопроницаемость, способность к термической сварке, активация 38–40 din/см

Таблица 2. Результаты испытаний

№ образца	Состав ламината			Характеристика образца	Прочность сварного шва, Н/мм
	Наименование пленки	Вид	Толщина, мкм		
Образец №1	BOPP	прозрач.	20 мкм	Без печати, дуплекс ламинат	3,575 Н/мм
	BOPP	металл.	20 мкм		
Образец №2	BOPP	прозрач.	20 мкм	Дуплекс ламинат	3,8 Н/мм
	BOPP	металл.	20 мкм		
Образец №3	BOPP	прозрач.	20 мкм	Дуплекс ламинат	2,471 Н/мм
	BOPP	металл.	25 мкм		
Образец №4	BOPP	прозрач.	25 мкм	Дуплекс ламинат	2,267 Н/мм
	BOPP	прозрач.	25 мкм		
Образец №5	BOPP	прозрач.	20 мкм	Дуплекс ламинат	15,936 Н/мм
	CastPP	прозрач.	30 мкм		
Образец №6	BOPP	прозрач.	20 мкм	Дуплекс ламинат	17,242 Н/мм
	ПЭВД	прозрач.	40 мкм		

Обработка результатов исследования. Результаты проведенных испытаний представлены в табл. 2.

Диаграмма прочности сварного шва показана на рис. 2.

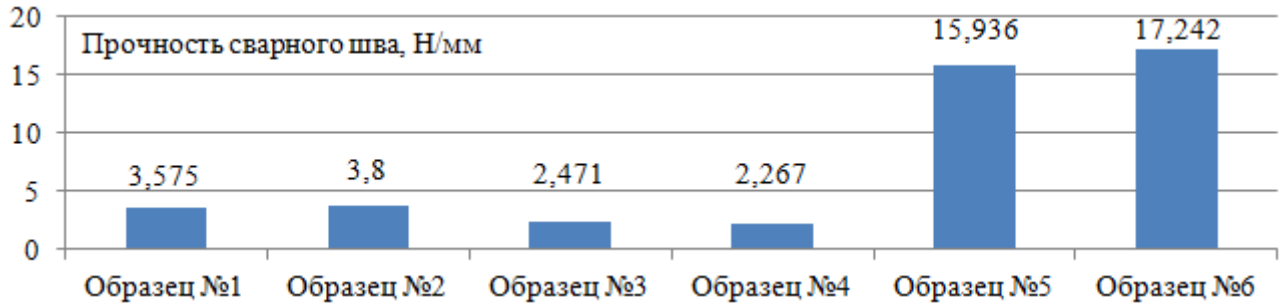


Рис. 2. Диаграмма прочности сварного шва

Образцы №1 и №2 имеют одинаковый состав пленок в ламинате, но прочность сварного шва у образца №2 на 5,92% больше. Полученные результаты можно объяснить тем, что в образце №1 отсутствует красочный слой, поэтому по технологическим соображениям привес клея ниже (усредненное значение 1,35 г/м^2) относительно образца №2 (усредненное значение привеса клея 2,1 г/м^2). При увеличении толщины пленок прочность сварного шва снижается (на 34,97% и на 40,34% относительно образца №2 для образцов №3 и №4 соответственно). Прочность сварного значительно увеличивается при использовании в ламинатах пленок CastPP и ПЭВД, так при толщине ламината 50 мкм значение прочности сварного шва образца №5 больше в 7,03 раза, чем у образца №4. Наибольшее значение прочности сварного шва составляет 17,242 Н/мм и соответствует образцу №6, ламинат которого содержит прозрачную пленку BOPP и прозрачную пленку ПЭВД.

Выводы. Полимерный материал упаковки должен обеспечивать ряд технологических требований, в том числе способность формировать прочный сварной шов. В одном полимере невозможно сочетать все требуемые свойства, поэтому используются многослойные полимерные материалы, получаемые в процессе ламинации разных по характеристикам полимеров. Наибольшее распространение получили двухслойные материалы, верхний слой которых обладает барьерными свойствами, второй слой обеспечивает сварку. Были проведены испытания прочности для моно пленок (прозрачный и металлизированный BOPP, прозрачный CastPP, прозрачный ПЭВД) и готовых ламинатов. Факторами, влияющими на прочность сварного шва для моно пленок, при одинаковых параметрах температуры сварки, времени контакта и давления, являются состав материала пленок и его толщина. При использовании многослойных материалов к этим факторам добавляются низкая адгезия между слоями пленок, которая может быть вызвана низкой степенью активации, неполное закрепление красочного и клеевого слоев, низкий привес клея при ламинации. Наибольшая прочность сварного шва наблюдается у ламинатов, в состав которых входит пленки CastPP и ПЭВД, что подтверждает результаты входного контроля материалов. Таким образом, механические свойства материалов существенно влияют на прочностные свойства готовой упаковки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимощенко О.А., Литунов С.Н. Исследование газопроницаемости сварного шва полимерной пищевой упаковки // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3. Тула: Изд.-во ТулГУ, 2014. – 640 с.

2. Гаврикова, К. Российский рынок пластиковой тары и упаковки: комплексный анализ и прогноз / Гаврикова К. // Официальная газета выставки RosUpack. – 2019. – 21 июня. – С. 8.

3. Технология тары и упаковки: учеб.-метод. пособие для студентов «Технология полиграфических производств» / И.В. Марченко, О.П. Старченко. – Минск: БГТУ, 2014. – 110 с.

4. Бокарева, В. Виды полимеров для изготовления пленок // Все о пленках. – 2017. Спецвыпуск № 30. – С. 9–10.

УДК 629.369

А.И. Васильев, Р.Ю. Добрецов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЗАТРАТ В ЗАДАННОМ ЕЗДОВОМ ЦИКЛЕ ДЛЯ АВТОПОЕЗДОВ С АКТИВНЫМ И ПАССИВНЫМ ПРИЦЕПОМ

В настоящее время большой интерес представляет концепция активного прицепного звена в автопоездах специального назначения. Также, ввиду того что выбросы вредных веществ от грузового автотранспорта составляют большую часть выбросов от общего уровня выбросов автомобилей [1], особенный интерес представляет концепция автопоездов-гибридов с активным прицепным звеном [2, 3].

Концепция параллельного гибрида, рассматриваемая в данной статье и работе [3–6] требует меньше трудозатрат на переоборудование автопоезда (необходимо только переоборудование прицепа и наличие генератора сприводом от раздаточной коробки тягача) в отличие от автопоезда с дизель-генераторной установкой.

В работах [7, 8] рассматриваются вопросы проходимости, динамики прямолинейного движения, однако не уделено внимание энергоэффективности данной концепции автопоезда. В частности, в работе [8] предложена методика определения параметров двигателей тягача и прицепа и предложен закон распределения мощности между звеньями, где в качестве прототипа автопоезда рассматривается лишь автопоезд, представляющий полный гибрид. Такой вариант гибрида может быть эффективен для военной отрасли. Четырёхосный тягач оснащен дизель-генераторной установкой, от которой мощность подводится в мотор-колесам тягача и трехосного прицепа.

В модели на данном этапе исследования не учитываются затраты мощности на работу генератора. Вводится допущение, что батареи прицепа полностью заряжены, генератор не работает.

Цель исследования: формирование методики оценки затрат энергии, рекуперации, сравнение показателей энергозатрат.

За прототип взят лесовоз в составе тягача Урал 43204-1111-41 и двухосного прицепа-роспуска 904712, предназначенный для транспортировки сортиментов и хлыстов длиной до 23 м по всем видам дорог и местности. Максимальная масса снаряженного прицепа 4500 кг, грузоподъемность (масса перевозимого груза) 16 000 кг

В данной статье рассматривается затраты энергии в заданном ездовом цикле, а также рассматривается схема “параллельный гибрид”. Этот вариант гибрида интересен для более малых серийных машин, а именно в лесной промышленности, грузоперевозках на автопоездах массой до 30 тонн в труднодоступных районах. Тягач в данном расчете имеет пять передач, тогда как тяговый электродвигатель (ТЭД) прицепа работает совместно с двухступенчатым редуктором.

Расчётная схема автопоезда представлена на рис. 1. На данном рисунке и ниже в уравнениях использованы следующие обозначения: V – скорость движения ТС, V' – ускорение ТС; P_w – полная аэродинамическая сила сопротивления движению; $m_j g$ – сила тяжести звена автопоезда (m – масса звеньев автопоезда, g – ускорение свободного падения); R_{zi} – нормальные реакции в пятне контакта колес с опорной поверхностью; R_{xi} – продольные реакции в пятне контакта колес; M_{fi} – моменты сопротивления качению колес; H_c – высота центра тяжести ТС; L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 – расстояния от центра тяжести до осей, соответственно; α – угол подъема ОП; $\omega_{дв}$ – угловая скорость вращения выходного вала двигателя; $\omega_{кi}$ – угловые скорости вращения колес; i = 1–5 – номер оси, j=1 – тягач, j=2 – прицеп.

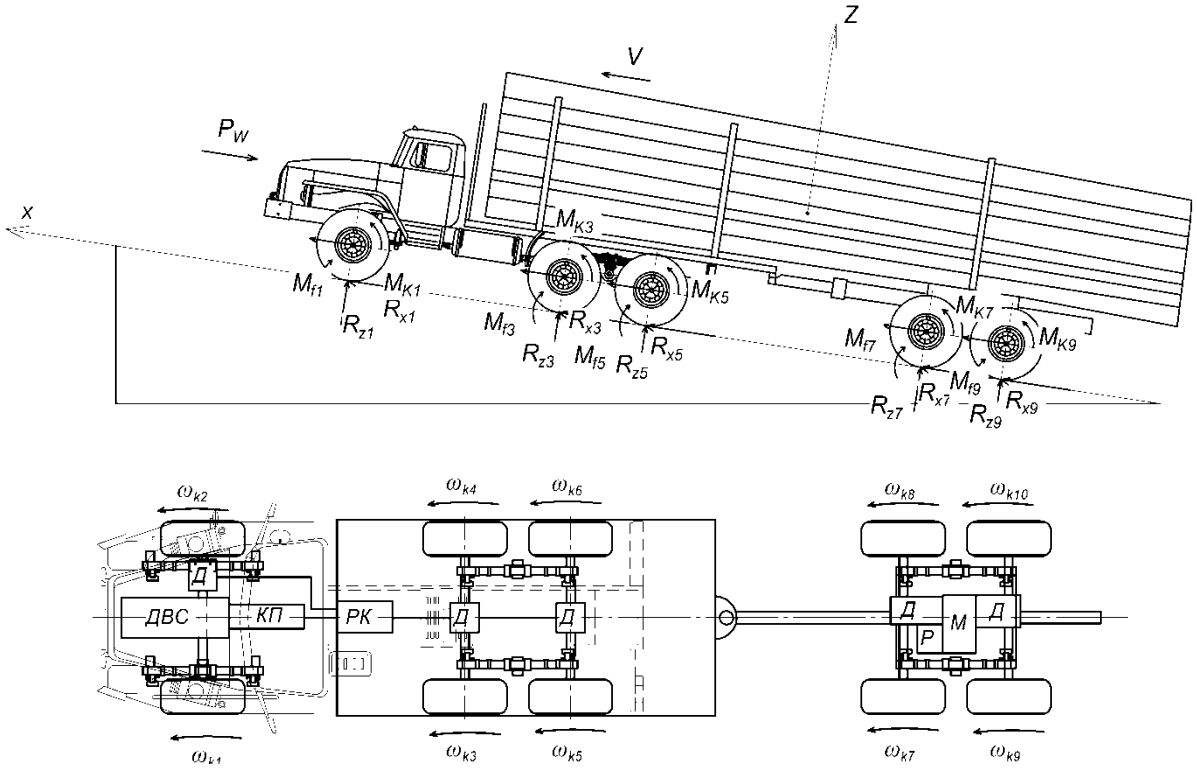


Рис. 1. Расчетная схема автопоезда-гибрида с активным прицепом

Движение автопоезда описывается системой дифференциальных уравнений. Уравнение динамики тягача:

$$m_1\dot{V}_1 = \sum_{i=1}^{3} R_{xi} - G_1 sin\alpha - P_w - P_{\text{кр}};$$

$$J_{\text{дв}}\dot{\omega}_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} - \frac{1}{i_{\text{тр1}}\eta_{\text{тр1}}} \cdot \sum_{i=1}^{3} M_{\text{к}i};$$

$$J_{\text{к}i}\dot{\omega}_{\text{к}i} = -R_{xi}r_d - M_{fi} + M_{ki};$$

i=1…3.

Уравнение динамики активного прицепа:

$$m\dot{V}_2 = \sum_{i=4}^{5} R_{xi} - G_2 sin\alpha - P_w + P_{\text{кр}};$$

$$J_{\text{эдв}}\dot{\omega}_{\text{эдв}} = M_{\text{эдв}} - \frac{1}{i_{\text{тр2}}\eta_{\text{тр2}}} \cdot \sum_{i=4}^{5} M_{\text{к}i};$$

$$J_{\text{к}i}\dot{\omega}_{\text{к}i} = -R_{xi}r_d - M_{fi} + M_{ki};$$

i=4,5.

Уравнения динамики пассивного прицепа:

$$m\dot{V}_2 = -\sum_{i=4}^{5} R_{xi} - G_2 sin\alpha - P_w + P_{\text{кр}};$$

$$J_{\text{к}i}\dot{\omega}_{\text{к}i} = -R_{xi}r_d - M_{fi};$$

i=4,5.

Продольная связь тягача и полуприцепа реализуется через силу на крюке, которая вычисляется по следующей зависимости предложенной в работах [7, 8]:

$$\text{P}_{\text{кр}} = (\text{X}_{\text{c1}} - \text{X}_{\text{c2}})\text{C}_0 + (\text{V}_{\text{x1}} - \text{V}_{\text{x2}})\text{B}_0,$$

где C_0 – коэффициент жесткости сцепного устройства в продольном направлении; B_0 – коэффициент сопротивления демпфера сцепного устройства в продольном направлении; X_{c1} и X_{c2} – координата по оси X центра масс тягача и полуприцепа.

Продольные реакции в пятне контакта R_{xi} при взаимодействии колеса с ОП зависят от величины нормальной реакции и коэффициента сцепления:

$$R_{xi} = \varphi(S) \cdot R_{zi},$$

где φ(S) – коэффициент сцепления, зависимость которого от коэффициента буксования S в общем виде может быть выражена уравнением:

$$\varphi(S) = \varphi_{max}(1 - e^{-\frac{S}{S_0}}) \cdot (1 + e^{-\frac{S}{S_0}});$$

$S = \frac{V - \omega_k \cdot r_d}{V}$ – для ведомого режима;

$S = \frac{V - \omega_k \cdot r_d}{V}$ – для ведущего режима;

где постоянные φmax, S0, S1 – определяются типом ОП и особенностями конструкции шины. Для сухого асфальтобетонного покрытия φmax = 0,8; S_0 = 0,015; S_1 = 0,04 [1].

Для определения нормальных реакций (с учетом их перераспределения при ускорении или замедлении ТС) используется уравнение моментов всех силовых факторов относительно точки центра тяжести звена.

Оценка энергозатрат, а именно, решение системы дифференциальных уравнений, отражающую динамику автопоезда при прямолинейном движении, производилось в программной среде MatLab/Simulink. Общий вид автопоезда представлен в работе [3]. В качестве модели динамики колеса была выбрана математическая модель движения колеса по недеформируемой поверхности, также представленная в работах [1, 7, 8].

В качестве выбранного цикла для оценки энергозатрат и сравнительного анализа энергоэффективности был выбран ездовой цикл The EPA Heavy Duty Urban Dynamomete Driving Schedule (рис. 2) [9]. Длина участка заданного цикла составляет 8935 м, при этом средняя скорость движения Vср=8,43 м/с=30 км/ч.

Помимо расчета энергозатрат в работе производится расчет всех силовых факторов. Продольная связь тягача и полуприцепа реализуется через силу на крюке, которая вычисляется по следующей зависимости предложенной в работах [7, 8]:

$$P_{кр} = (X_{c1} - X_{c2})C_0 + (V_{x1} - V_{x2})B_0,$$

где C_0 – коэффициент жесткости сцепного устройства в продольном направлении; B_0– коэффициент сопротивления демпфера сцепного устройства в продольном направлении; X_{c1} и X_{c2}– координата по оси X центра масс тягача и полуприцепа.

Имитацию движения по заданному циклу обеспечивает пропорционально-интегральный дифференциальный (ПИД) регулятор (рис. 3).

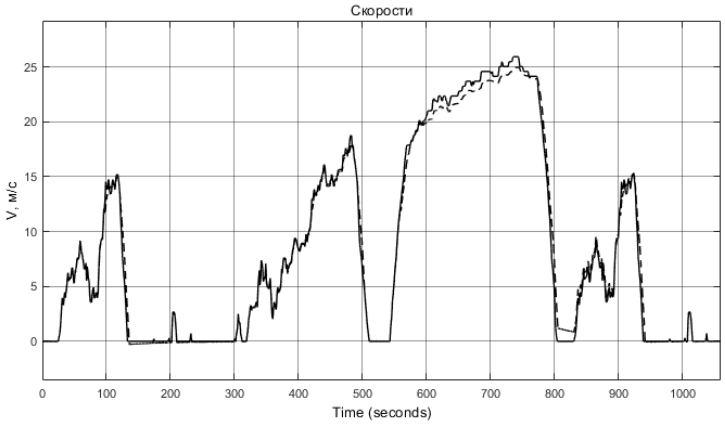


Рис. 2. Ездовой цикл The EPA Heavy Duty Urban Dynamometer Driving Schedule for heavy duty vehicle testing

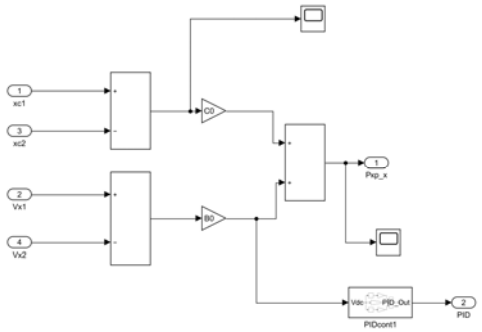


Рис. 3. Блок схема управления тяговым электродвигателем прицепа
по разности скоростей звеньев

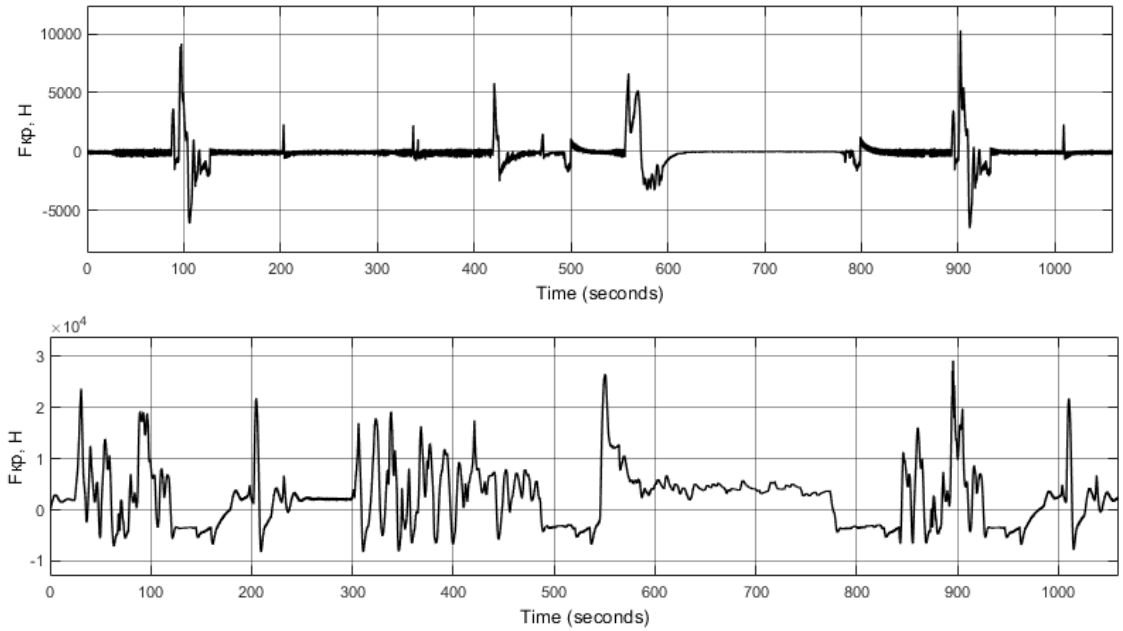


Рис. 4. Значение силы на крюке во время движения по заданному циклу:
сила на крюке тягача с активным прицепом (наверху), с пассивным прицепом (внизу)

Результаты расчета сил на крюке в результате движения по циклу представлены на рис. 4.

В рамках исследования произведено сравнения двух автопоездов общей массой 25 т., суммарная мощность силовых установок каждого ТС равна 350 кВт (табл. 1). Затраты энергии на 1 км пути приведены в этой же таблице.

Таблица 1. Фрагмент исходных данных и результатов расчета

	Автопоезд с ПП	Автопоезд с АП		
Двигатель	(прототип Cummins)	Прототип Cummins	Электродвигатель	
Мощность (кВт)	350	200	150	
Пределы удельного расхода топлива (г/кВт·ч)	215–245	190–225	–	
Обороты (об/мин)	800–2200	800–2200	-4500–4500	
Результаты расчета (кВт·ч)/ на 1 км пути	0,52	0,29	0,173 (затраты)	0,033 (рекуперация)

Выводы. В результате расчета было выявлено, что затраты энергии при заданном ездовом цикле, приходящиеся на двигатель внутреннего сгорания тягача, в 1,79 выше, чем у

тягача с активным прицепом (табл. 1). При этом доля рекуперации энергии от всей энергии тяговых электродвигателей составляет 16,02 %, несмотря даже на то, что доля тормозных участков в моделируемом цикле сравнительно мала (рис. 2).

Управление ТЭД активного прицепа в данной работе производилось с помощью ПИД-регулятора по разности скоростей звеньев автопоездов. Представляется возможным этот подход свести к построению закона управления по угловым скоростям валов двигателей. Таким образом, возможно создание других законов управления активным прицеп с ТЭД, без использования датчиков для измерения силовых нагрузок в седельно-сцепном устройстве.

Также из графиков видно, что максимальные значения силы на крюке тягача в 2,5 раза меньше у автопоезда с АП, что подчеркивает его в преимущество также и в безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение потребной энергоемкости накопителей электробуса методами имитационного моделирования / Смирнов А.А., Пикалов Н.А. // Инженерный вестник. – № 12. – 2016. – С. 43–52.

2. Автопоезд-гибрид и особенности его проектирования / А.И. Васильев [и др.] // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Лучшие доклады. – 2018. – С. 16–20.

3. Автопоезд-гибрид в лесопромышленном комплексе / Васильев А.И., Добрецов Р.Ю. // Оптимизация лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов. Механизация трудоемких лесных работ. Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственно возобновленных лесных экосистем: – 2018. – С. 154–162.

4. Активные прицепы и их преимущества. Научная конференция с международным участием «Неделя науки СПбПУ», 14–19 ноября 2016, Санкт-Петербург. – Васильев А.И., Губачев М.С., Налетов И.Д. (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого).

5. Проходимость и устойчивость автопоезда с активным прицепом. Научная конференция с международным участием «Неделя науки СПбПУ», 13–19 ноября 2017, Санкт-Петербург. – Васильев А.И. и др. (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого).

6. On the way to driverless road-train: Digital technologies in modeling of movement, calculation and design of a road-train with hybrid propulsion unit / A.I. Vasiliev и [др.] // IV International Scientific Conference “The Convergence of Digital and Physical Worlds: Technological, Economic and Social Challenges” (CC-TESC2018). – 2018. – С. 1–9.

7. Горелов, В.А. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук «Научные методы повышения безопасности и энергоэффективности движения многоосных колесных транспортных комплексов». – Москва, 2012 г. – 336 с.

8. О.И. Чудаков. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Разработка закона распределения мощности между звеньями при прямолинейном движении автопоезда на основе анализа силовых факторов в сцепном устройстве». – Москва, 2017 г.– 145 с.

9. Vehicle and Fuel Emissions Testing, Dynamometer Drive Schedules [Электронный ресурс]: URL: https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules (Дата обращения: 10.10.2019).

УДК 621.9

В.Д. Богомолов, А.И. Попов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СТРУЙНОЙ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ

В специализированной литературе уделяется большое внимание финишной обработке изделий разнообразных форм и размеров из различных материалов. При этом особый интерес вызывает чистовая обработка пространственно-сложных поверхностей металлических

изделий с возможностью достижения низкого параметра Ra шероховатости поверхности, малого допуска на размер и высокой отражающей способности. Анализ источников литературы показал, что среди финишных методов для этого применяются операции ручной полировки войлочными кругами, виброабразивной полировки гранулами и зернами, безабразивной ультразвуковой финишной обработки (БУФО) роликами, электро-эрозионной полировки проволокой, магнитно-абразивной обработки (МАО) зерном абразива, гидроабразивная полировка струей воды, электрохимической полировки кислотными и солевыми электролитами. Альтернативой данным методам, является метод электролитно-плазменного полирования. Метод электролитно-плазменного полирования представлен в двумя основными видами, погружением изделия в электролитическую ванну [1] или обработкой струей(ями) [2] его поверхности. В этом случае локализованный фокусированный электрический разряд на поверхности изделия, позволяет проводить обработку поверхностного слоя материала [3]. Однако в связи с тем, что метод находится в разработке разными исследовательскими группами пока полностью не ясны его технологические возможности и перспективы использования

Целью настоящего исследования является анализ технологических возможностей съема материала для автоматизированной струйной электролитно-плазменной обработки изделий.

Задачами работы являются оценка массы материала, подлежащего удалению с поверхности изделия для получения полированной поверхности, определение технологических режимов обработки и выбор электролита.

Оборудование и применяемые материалы. Для проведения исследований нами была выбрана установка электролитно-плазменного полирования (рис. 1), собранная в лаборатории струйной электролитно–плазменной обработки СПбПУ [4]. Обработку образцов проводили при неподвижном полом катоде, отличающимся от [5] тем, что за анод в нашем случае был выбран образец. Рабочее напряжение устанавливали 220–300 В. Вес образцов до и после обработки несколько раз фиксировали на лабораторных весах ВМ213М весах с ценой деления 0,001 г. В качестве электролитов использовали растворы аммония сернокислого (Na_2SO_4) – 20 г и аммония лимоннокислого ($(NH_4)_3C_6H_5O_7$) – 20 г, трилон – 2 г в водопроводной воде и $NaCl$ – 30 г и $C_6H_8O_7$ – 30 г в водопроводной воде. Электролит подавали струёй по трубке диаметром 3 мм со скоростью потока 16 л/ч. Скорость потока электролита измеряли пропусканием электролита массой 100 г с фиксацией времени по секундомеру. Эксперимент проводился при атмосферном давлении на 11 маркированных образцах размером 30 х 20мм из нержавеющей стали 15ХМФШ. Время на обработку устанавливалось равным 1 мин.

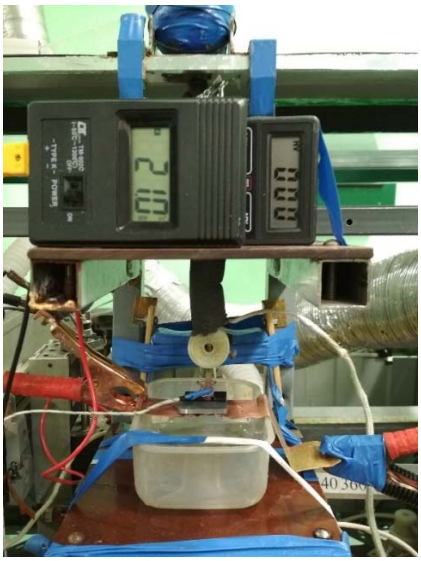


Рис. 1. Внешний вид установки для проведения экспериментов
для определения скорости съема при электролитно-плазменной обработке

Анализ исходной поверхности. Для анализа состояния исходной поверхности нами было проведено моделирование в программе SOLIDWORKS исходной шероховатости поверхности размером 1х1мм для разных типов обработки. За критерии были выбраны три вида шлифовальной обработки чистовая обработка, предварительная и грубая.

Пример расчета массы материала подлежащего удалению показан на рис. 2.

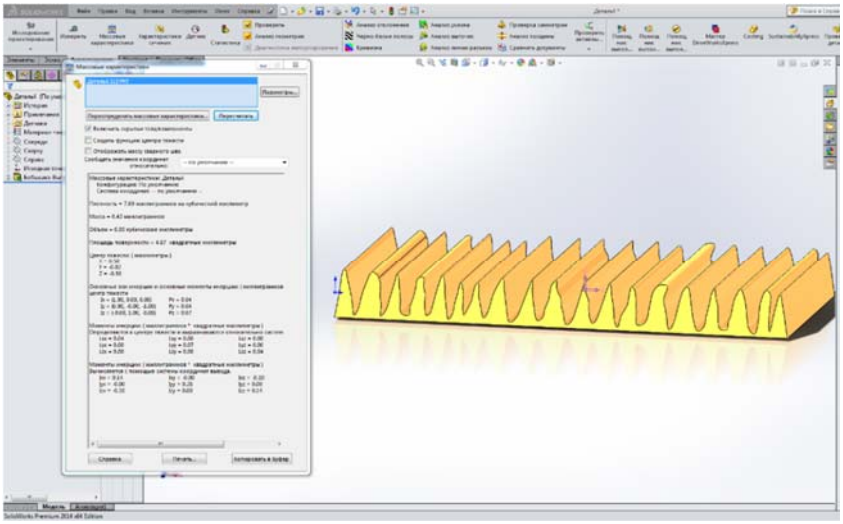


Рис. 2. Скриншот расчета в программе SOLIDWORKS объема и массы удаляемого в процессе электролитно-плазменной обработке материала

Таблица 1. Расчетная убыль массы материала необходимой для получения полированной поверхности

	Параметр Ra шероховатости поверхности		
	0,61	0,32	0.11
Объем, мм³	0,31	0,15	0,05
Масса, мг	2,41	1,15	0,41
Расчет массы, мг для 1 см²	241	115	41

В результате расчета получены значения необходимой убыли массы стали 15ХМФШ для разных уровней шероховатости. результаты занесены в табл. 1.

Результаты эксперимента. Для установления зависимости скорости съема материала от выбранного электролитапри изменении напряжения была произведена электролитно-плазменная обработка плоской поверхности образцов из стали 15ХМФШ. Результаты замера технологических параметров процесса электролитно-плазменной обработки приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты замера технологических параметров процесса

№/№	1	2	3	4	5
Скорость подачи электролита(л/ч):	16,36	16,36	16,36	16,36	16,36
Напряжение, В:	220	240	260	280	300
Сила тока среднее знач., А:	1,34	1,27	1,08	1,30	1,65
Сред.исх. масса, мг	22738,00	24656,40	29251,00	20902,00	24674,80
Сред.кон.масса, мг	22708,17	24625	29220,5	20867,67	24656,33
Δ массы, мг	29,83	31,40	30,50	34,33	18,47

На основании полученных результатов проведенных исследований построены зависимости скорости съема массы стали 15ХМФШ представленные на рис. 3.

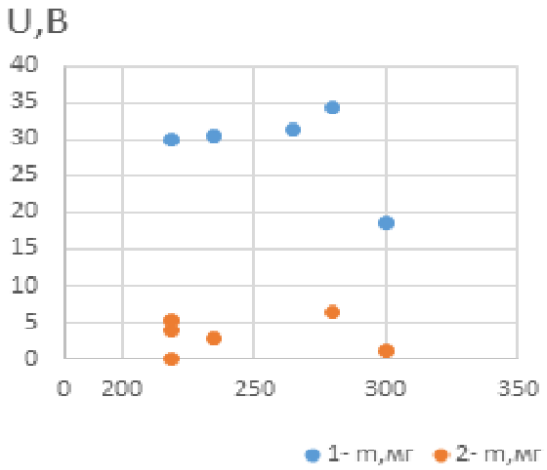


Рис. 3. Зависимость скорости съема массы стали 15ХМФШ от напряжения при струйной электролитно-плазменной обработке: полый катод Ø 3мм, 1 – NaCl – 30 г и $C_6H_8O_7$ – 30 г; 2 – (Na_2SO_4) – 20 г и аммония лимоннокислого ($(NH_4)_3C_6H_5O_7$) – 20 г, трилон – 2 г

Обсуждение результатов. Показано, что максимальный съем металла достигается при обработке изделия в диапазоне рабочих напряжений 220–300 В. Наиболее предпочтительным электролитом для стали 15ХМФШ в результате проведенных нами исследований показал электролит на основе NaCL и лимонной кислоты $C_6H_8O_7$. Показано, что скорости съема металла (до 30 мг/мин) при оптимальном режиме обработки сопоставимы с массой металла (41–241 мг для 1 см²) необходимой для удаления микронеровностей и формирования гладкой поверхности после электролитно-плазменной обработки. Поэтому для практического применения технологии автоматизированной струйной электролитно-плазменной обработкой уже можно рассматривать данный метод для чистового автоматизированного полирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков В.И., Попов А.И., Тюхтяев М.И., Зейдан М.Н. Возможности электролитно-плазменного полирования при обработке деталей с различным начальным уровнем шероховатости поверхности // Технология металлов. – 2013. – № 5. – С. 24–29.

2. Попов А.И., Тюхтяев М.И., Радкевич М.М., Новиков В.И. Анализ тепловых явлений при струйной фокусированной электролитно-плазменной обработке // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2016. – № 4 (254). – С. 141.

3. Попов А.И., Новиков В.И., Радкевич М.М. Особенности формирования электрического разряда между струйным электролитическим катодом и металлическим анодом при атмосферном давлении // ТВТ. – 2019. – Т. 57. – № 4. – С. 483.

4. Попов А.И., Радкевич М.М., Кудрявцев В.Н., Захаров С.В., Кузьмичев И.С. Установка для электролитно-плазменной обработки турбинных лопаток. Патент на изобретение РФ № 2623555. Кл. МПК: C25F7/00. 27.06.2017.

5. Гайсин А.Ф. Устройство для получения электрического разряда. Патент на изобретение РФ № 2457571. Кл. МПК H01J13/02. 27.07.12.

УДК 634

М.Р. Василевский[1], В.А. Александров[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ КАРДАННОГО ВАЛА В ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРА КИРОВЕЦ К-4

Данное исследование имеет прямой прикладной характер и направлено на решение проблемы, возникшей на АО «Петербургский тракторный завод». Была поставлена задача теоретически определить динамическую нагруженность трансмиссии трактора Кировец К-4, чтобы исключить возможность неправильной конструкторской компоновки трансмиссии трактора, в следствии чего, могло бы возникать разрушение карданного вала между двигателем внутреннего сгорания и коробкой передач [1].

Методика исследования – математическое моделирование.

Исследование проводилось на трехмассовой эквивалентной схеме при различных временах разгона и стопорения системы и при разных упругих муфтах, используемых в трансмиссии, которые и имеют различную крутильную жесткость. Первый расчет проведен с установленной упругой муфтой 424-16.00.010 производства АО «ПТЗ», которая имеет крутильную жесткость 188000 Нм/рад, второй расчет сделан с установленной упругой муфтой производства фирмы Centa, которая имеет крутильную жесткость 6000 Нм/рад.

На рис. 1 представлена исходная расчетная схема. На рис. 2 представлена эквивалентная трехмассовая расчетная схема.

Математический анализ системы проводился на основании составления уравнений Лагранжа II рода [2].

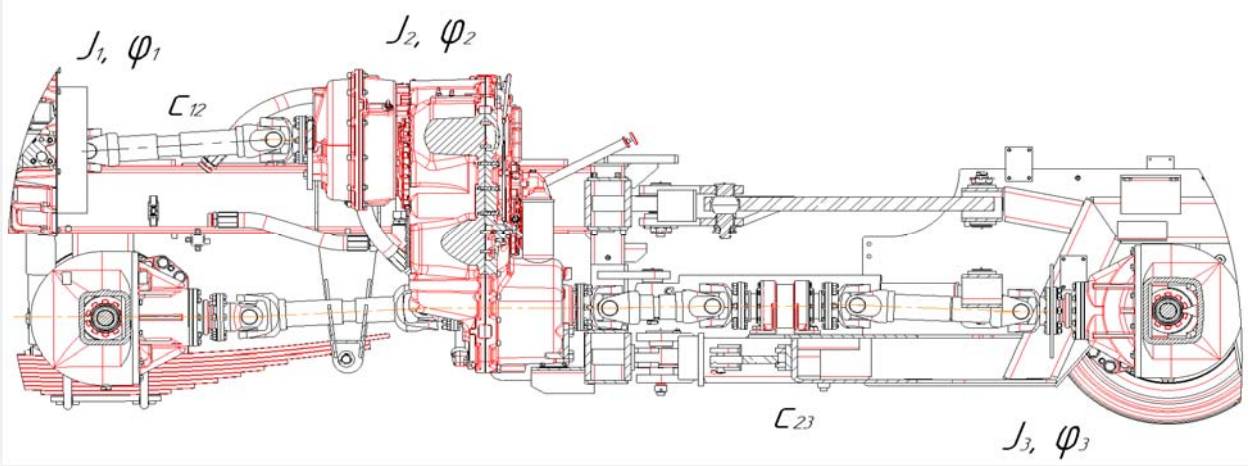


Рис. 1. Исходная расчетная схема

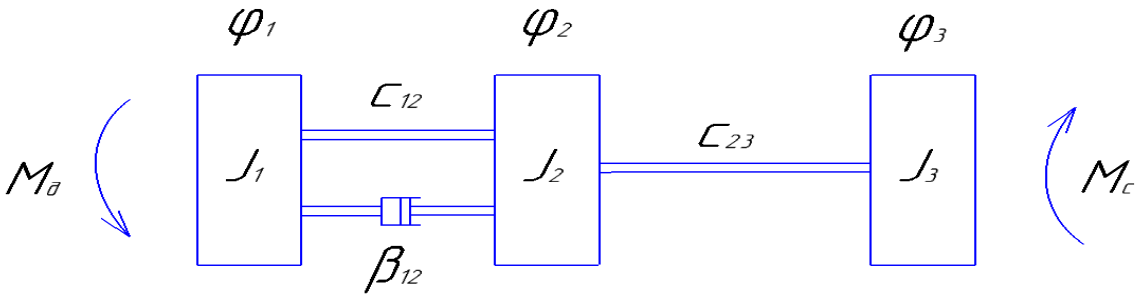


Рис. 2. Эквивалентная трехмассовая расчетная схема

Выполнив все необходимые действия в соответствии с уравнениями Лагранжа II-го рода и проделав все необходимые преобразования получим окончательное уравнение вида [3]:

$$(\varphi_1^{IV}\text{-}\varphi_2^{IV})+\text{A}(\ddot{\varphi}_1-\ddot{\varphi}_2)+B(\ddot{\varphi}_1-\ddot{\varphi}_2)+C(\dot{\varphi}_1-\dot{\varphi}_2)+\text{Д}(\varphi_1-\varphi_2)=\text{E}, \quad (1)$$

где

$$\text{A}=\frac{J_2*J_3*(J_1+J_2)*\beta_{12}}{J_1*J_2^2*J_3},\ 1/c;$$

$$\text{B}=\left[\frac{(J_2+J_3)*c_{23}*J_1*J_2+J_2*J_3*(J_1+J_2)*c_{23}}{J_1*J_2^2*J_3}\right],\ 1/c^2;$$

$$\text{C}=\left[\frac{(J_2+J_3)*c_{23}*(J_1+J_2)*\beta_{12}-J_1*J_3*c_{23}*\beta_{12}}{J_1*J_2^2*J_3}\right],\ 1/c^3;$$

$$\text{Д}=\left[\frac{(J_2+J_3)*c_{23}*(J_1+J_2)*c_{12}-J_3*c_{12}*J_1*c_{23}}{J_1*J_2^2*J_3}\right],\ 1/c^4;$$

$$\text{E}=-\left[\frac{(J_2+J_3)*c_{23}*J_2*\text{M}_\text{д}}{J_1*c_{23}}+J_2*\text{M}_\text{c}\right]*\frac{\text{c}_{23}}{J_2^2*J_3}.$$

Принятые обозначения:

J_1, J_2, J_3 – моменты инерции двигателя и ведущих частей упругой муфты + ведомых частей упругой муфты и половины карданной передачи между двигателем и КП + гидротрансформатора и половины карданной передачи между двигателем и КП соответственно; момент инерции КП при заблокированном гидротрансформаторе, половины карданной передачи между КП и передним мостом и половины карданной передачи между КП и задним мостом; момент инерции конечных передач + ведущих колес и поступательно движущейся массы трактора соответственно.

c_{12}, c_{23} – суммарные жесткости упругой муфты + карданного вала на входе КП + вала между турбинным колесом и гидротрансформатора и КП и жесткость карданного вала на выходе КП + жесткость полуосей моста соответственно.

φ_1, φ_2, φ_3 – угловые перемещения масс с моментами инерции соответственно J_1, J_2, J_3.

β_{12} – коэффициент поглощения энергии: упругими резиновыми элементами (0,5) и стальными карданными валами и полуосями.

Результаты исследования. Численное решение дифференциального уравнения и нахождение коэффициентов уравнения выполнено методом Рунге-Кутта в компьютерной программе Mathcad.

В табл. 1–4 представлены результаты расчета с установленными муфтами 424-16.00.010 и Centa в режиме разгона и стопорения системы при движении трактора на первой передаче.

Таблица 1. Результаты расчета, режим разгона, установлена муфта 424-16.00.010

Характеристики	$\ddot{\Theta}_1$, рад/с^2			
	0,25	0,5	0,75	1
Θ_1, рад	$1{,}84*10^{-6}$	$3{,}677*10^{-6}$	$5{,}516*10^{-6}$	$7{,}354*10^{-6}$
$\dot{\Theta}_1$, рад/с	$6{,}916*10^{-4}$	$1{,}382*10^{-3}$	$2{,}073*10^{-3}$	$2{,}764*10^{-3}$
$\ddot{\Theta}_1$, рад/сек^2	0,32	0,64	0,959	1,279
$\text{M}_{\text{дин.}}$, Н*м	0,22	0,44	0,66	0,88
$\text{К}_\text{д}$	1,0003	1,0006	1,0009	1,001

Таблица 2. Результаты расчета, режим разгона, установлена муфта Centa

Характеристики	$\ddot{\Theta}_1$, рад/с^2			
	0,25	0,5	0,75	1
Θ_1, рад	$3{,}211*10^{-6}$	$6{,}423*10^{-6}$	$9{,}634*10^{-6}$	$1{,}285*10^{-5}$
$\dot{\Theta}_1$, рад/с	$9{,}945*10^{-4}$	$1{,}989*10^{-3}$	$2{,}983*10^{-3}$	$3{,}978*10^{-3}$
$\ddot{\Theta}_1$, рад/сек^2	0,354	0,708	1,061	1,415
$\text{M}_{\text{дин.}}$, Н*м	0,19	0,39	0,59	0,78
$\text{К}_\text{д}$	1,0003	1,0005	1,0008	1,001

Таблица 3. Результаты расчета, режим стопорения, установлена муфта 424-16.00.010

Характеристики	$\ddot{\Theta}_1$, рад/с^2			
	0,02	0,04	0,06	0,08
Θ_1, рад	1,218*10^{-4}	2,437*10^{-4}	3,655*10^{-4}	4,874*10^{-4}
$\dot{\Theta}_1$, рад/с	0,026	0,051	0,077	0,102
$\ddot{\Theta}_1$, рад/сек^2	6,013	12,022	18,034	24,045
$M_{дин.}$, Н*м	14,5	29	43,5	58
$К_д$	1,02	1,04	1,06	1,08

Таблица 4. Результаты расчета, режим стопорения, установлена муфта Centa

Характеристики	$\ddot{\Theta}_1$, рад/с^2			
	0,02	0,04	0,06	0,08
Θ_1, рад	1,407*10^{-4}	2,81*10^{-4}	4,215*10^{-4}	5,62*10^{-4}
$\dot{\Theta}_1$, рад/с	0,028	0,055	0,083	0,111
$\ddot{\Theta}_1$, рад/сек^2	6,058	12,116	18,174	24,232
$M_{дин.}$, Н*м	8,57	17,1	25,7	34,2
$К_д$	1,01	1,02	1,03	1,04

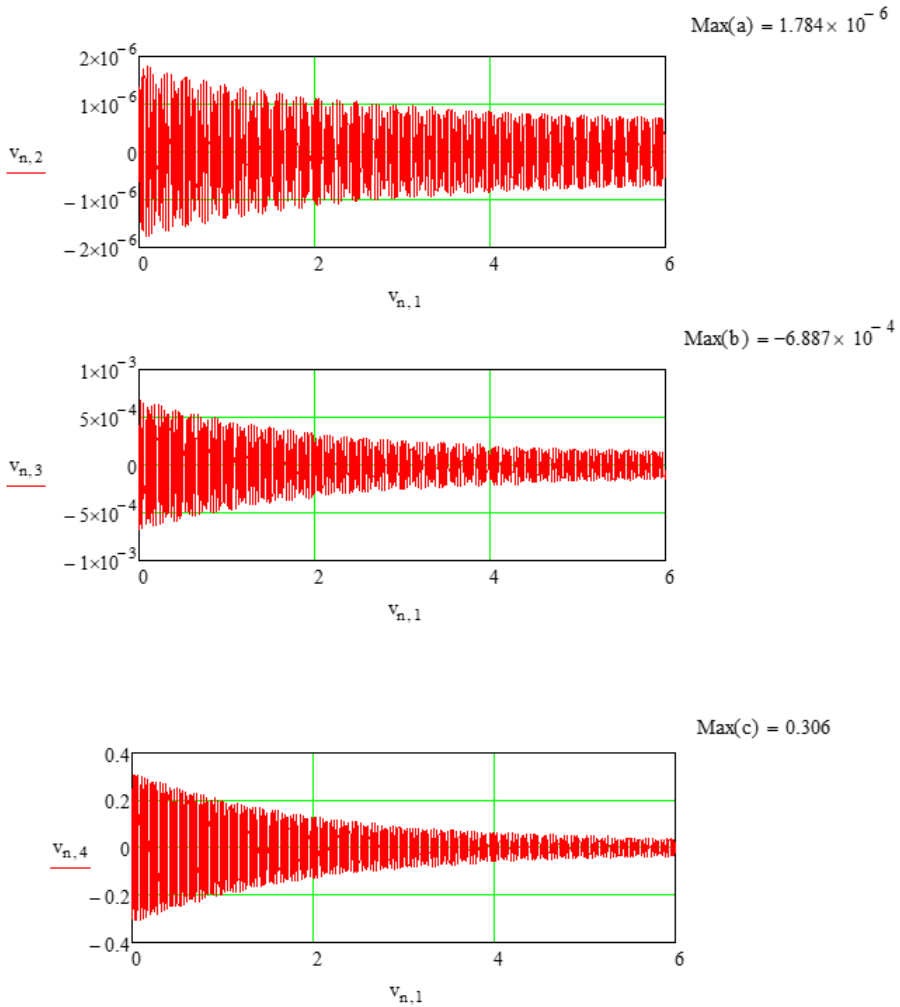


Рис. 3. Графики вибрационного воздействия на карданный вал между двигателем внутреннего сгорания и коробкой переключения передач в режиме разгона системы ($\ddot{\Theta}_1 = 0{,}25\ ^1/_{с^2}$):
$V_{n,2}$ – виброперемещение, $V_{n,3}$ – виброскорость, $V_{n,4}$ – виброускорение

На рис. 3 представлены типовые графики вибронагруженности в трансмиссии трактора с установленной муфтой 424-16.00.010 производства АО «ПТЗ» в режиме разгона системы при движении на первой передаче.

Выводы. Результаты расчета показывают, что динамический момент в области участка между двигателем и КП незначителен и не превышает допустимых значений. Размах добавочных крутильных колебаний с муфтой 424-16.00.010 варьируется от 0,17 [Нм] до 1,49 [Нм] в режиме разгона системы и от 13,9 [Нм] до 65,8 [Нм] в режиме стопорения системы. С муфтой Centa – в режиме разгона системы от 0,06 [Нм] до 0,88 [Нм]; в режиме стопорения системы – от 8,57 [Нм] до 37,8 [Нм]. Расчет показывает, что при условии качественного изготовления всех входящих деталей, дополнительный динамический момент, образующийся в системе не окажет разрушающего влияния на элементы трансмиссии.

Наиболее нагруженным является режим стопорения системы.

Предложенная математическая модель позволяет определять динамическую нагруженность трансмиссии на стадии разработки конструкторской документации на трактор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климов А.А. Экспериментальный промышленный трактор для исследования оптимизации энергонасыщенности / А.А. Климов // Совершенствование конструкций и повышение надежности тракторов и погрузчиков: сб. ст. КрасГАУ. – Красноярск, 2003.

2. Шеховцов В.В. Анализ и синтез динамических характеристик автотракторных силовых передач и средств их испытания. Монография. – Волгоград, изд-во РПК «Политехник», 2004.

3. Александров В.А. Моделирование технологических процессов лесных машин: Учебник для вузов. – М.: Экология, 1995.

УДК 004.932.72

Н.А. Мальцева[1], Н.С. Филатов[1,2], А.В. Бахшиев[1,2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Центральный научно-исследовательский институт робототехники и технической кибернетики

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ СОБЛЮДЕНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Проведение мероприятий по контролю соблюдения техники безопасности (ТБ) является обязательным на любом предприятии. От того, насколько грамотно и эффективно проводится контроль на производстве, зависит и репутация организации, и безопасность работников. Однако даже при систематичном контроле нередко происходят нарушения ТБ работниками предприятия, у работодателей нет возможности следить за ее соблюдением непрерывно, особенно на круглосуточных предприятиях. Одним из эффективных вариантов осуществления контроля ТБ на предприятии является применение систем технического зрения (СТЗ). Такие системы могут работать непрерывно, при этом исключая любые человеческие факторы, такие как: усталость, невнимательность, болезни [1].

В данной работе рассматриваются алгоритмы распознания изображений с видеокамеры, систематизации и обработки полученных данных [2, 3] и проводятся исследования по созданию СТЗ для решения задачи.

Цель работы: разработка наборов данных для решения задачи по обнаружению касок работников предприятия, проведение экспериментальных исследований по созданию системы, обеспечивающей контроль соблюдения ТБ на производстве, обученной на составленных данных.

Разработка наборов данных для обнаружения объектов. Для работы были предоставлены данные в виде видеозаписей с промышленных предприятий, на которых в разных сценах представлены сотрудники предприятий, нарушающие или выполняющие ТБ по ношению касок в разрешении 1280x720. Сцены различаются по времени суток, углу обзора, качеству съемки, цвету касок, позиции сотрудников относительно камеры. По этим параметрам сцены были разделены на 4 категории (рис. 1): дневные горизонтальные сцены с ракурсом на уровне глаз человека; дневные сцены с ракурсом под углом, без сложных изображений (с искажениями, запотевшей камерой и т.д.); дневные сцены с ракурсом сверху, без сложных изображений; ночные, черно-белые и сложные кадры.



Рис. 1. Примеры сцен по категориям

Для разметки данных был использован инструмент LabelImg [4], предназначенный для разметки изображений с помощью графического интерфейса. При разметке выделялись 6 классов: person (полностью фигура человека), head (только голова человека), hat (голова и шапка), helmet (голова и каска), helmet_off (снятая каска), hood (надетый капюшон). Из всех сцен были выбраны изображения, подходящие для разметки, и была выполнена разметка 1478 изображений разных сцен.

Экспериментальные исследования. Для обнаружения объектов была обучена нейросеть SqueezeDet [5] на размеченном наборе данных. Данные были разбиты случайным образом на 3 набора в следующем соотношении: 70% – кадры для обучения, 20% – кадры для проверки, 10% – кадры для тестов. На детектор подавались кадры из набора данных, а на выходе были получены классы и координаты рамок объектов.

Для определения параметров качества работы детектора использовались 3 величины: точность (precision) – доля объектов, действительно принадлежащих данному классу, относительно всех классов, которые система отнесла к этому классу:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}.$$

Полнота (recall) – доля найденных детектором объектов, принадлежащих классу относительно всех объектов этого класса в тестовой выборке:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}.$$

Мера (F) – гармоническое среднее между точностью и полнотой:

$$F = \frac{2 \cdot Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}.$$

Здесь TP – истинно-положительное решение (если отличие между предсказанными координатами объекта и координатами разметки превышает порог (220 пикселей), и класс предсказан правильно); FP – ложноположительное решение (если отличие между предсказанными координатами объекта и координатами разметки превышает порог (220 пикселей), но класс предсказан неправильно); FN – ложноотрицательное решение (если и координаты, и класс предсказаны неверно).

Для анализа работы детектора были вычислены усредненные по классам параметры, их значения представлены в табл. 1.

С целью увеличения качества работы было предложено использовать комбинацию детектора SqueezeDet с дополнительной нейронной сетью для классификации. Разработанный алгоритм приведен на рис. 2. На вход детектора подается список изображений. Подготовка

изображений заключается в масштабировании изображений и вычитание среднего и деление на среднеквадратичное отклонение. После подготовки осуществляется обнаружение объектов на изображениях при помощи сверточной нейронной сети SqueezeDet. На выходе детектора получается массив из следующих данных: координаты рамки объекта, класс объекта, уверенность. Далее выполняется постфильтрация полученных объектов: если очень близко (меньше 40 пикселей) обнаружены объекты одного и того же класса, то сравниваются их параметры уверенности. Объект, имеющий меньшую уверенность, удаляется. Таким образом, для каждого объекта остается лишь одна рамка с координатами и классом. Всем рамкам присваивается цвет «0» (не определен). Массив полученных данных передается далее на первый этап определения категории объекта.

Таблица 1. Параметры качества работы детектора

TP	*FP*	*FN*	*Precision*	*Recall*	*F*
204	166	21	0,55	0,91	0,69



Рис. 2. Описание комбинированного алгоритма обнаружения и классификации

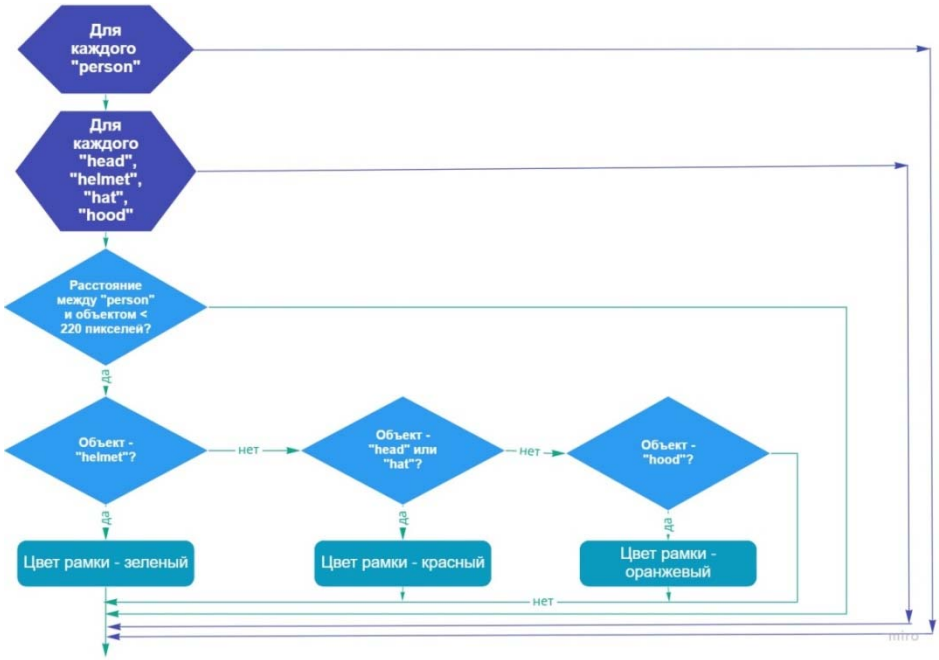


Рис. 3. Алгоритм определения категории объекта детектором

Алгоритм распределения объектов по категориям представлен на рис. 3. Для каждого человека (класс person) осуществляется попытка определить, к какой категории он относится: нарушение ТБ (без каски), нет нарушения (в каске), нельзя определить (если человек в капюшоне или рядом не нашлось объектов другого класса). Для этого вычисляется расстояние

от каждого объекта “person” до каждого объекта остальных классов. Если это расстояние меньше 220 пикселей, они считаются близко расположенными. Если близко к person располагается класс head или hat, значит, данный сотрудник, возможно, нарушает ТБ и находится на площадке без каски, рамке объекта присваивается красный цвет. Если близко к person располагается класс hood, значит, у человека надет капюшон, определить факт нарушения ТБ нельзя, рамке присваивается оранжевый цвет. Если же обнаружен класс helmet (надетая каска), нарушения нет, рамке присваивается зеленый цвет. Если определить цвет не удалось, записывается цвет «0». Цвет рамки определяет категорию объекта.

Затем для тех объектов, для которых рамке присвоен красный цвет или он не был определен, используется классификатор, который получает на вход массив из координат постфильтрованных объектов и их классов, а также цвета. Алгоритм работы представлен на рис. 4.

По координатам рамки каждый объект вырезается, и классификатор предсказывает класс объекта по вырезанному изображению и присваивает цвет каждой рамке: “helmet” – зеленый, “head” или “hat” – красный, “hood” – оранжевый. Классификатор позволяет уточнить предсказания детектора для ситуаций нарушения ТБ. Далее в зависимости от цвета рамки всем объектам класса “person” присваиваются новые классы, которые и определяют категорию: зеленый цвет – “person_green” – нарушений не обнаружено, красный – “person_red” – обнаружено нарушение, оранжевый – “person_orange” – нарушение невозможно определить. На каждое изображение наносятся рамки соответствующего цвета по их координатам.

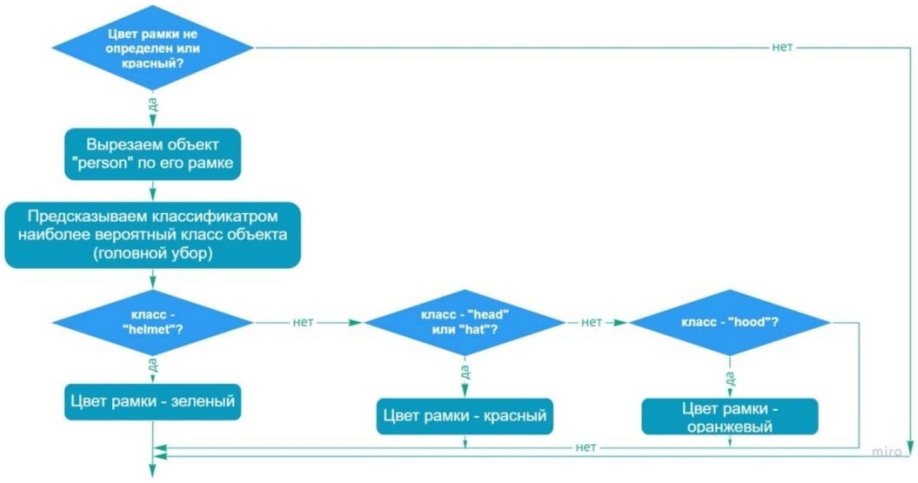


Рис. 4. Алгоритм определения категории объекта с использованием классификатора

Для выбора классификатора было выполнено сравнение двух нейросетей: SqueezeNet [6] и MobileNets [7]. Для оценки работы классификаторов использовалась матрица ошибок (confusion matrix) – это матрица размера N на N, где N – это количество классов. Столбцы этой матрицы – истинные значения классов объектов, а строки – классы, предсказанные классификатором. Когда объект из тестовой выборки классифицируется, производится инкремент числа, стоящего на пересечении истинного класса и класса, который предсказал классификатор. Соответственно, по диагонали располагаются значения количества верно угаданных классов. Все вырезанные изображения были разделены на 3 набора и распределены по соответствующим классам: 70% – кадры для обучения, 20% – кадры для проверки, 10% – кадры для тестов.

Нормализованные матрицы ошибок при использовании классификаторов SqueezeNet и MobileNets представлены на рис. 5. В результате для комбинации с детектором был выбран классификатор MobileNets.

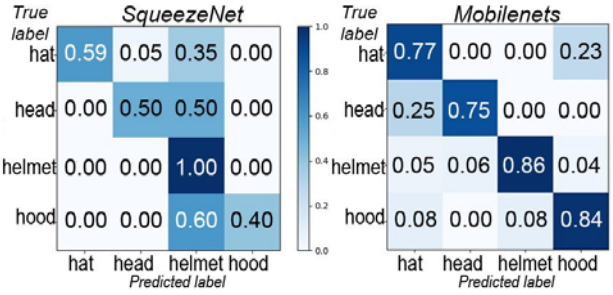


Рис. 5. Результаты работы нейросети SqueezeNet (слева), MobileNets (справа)

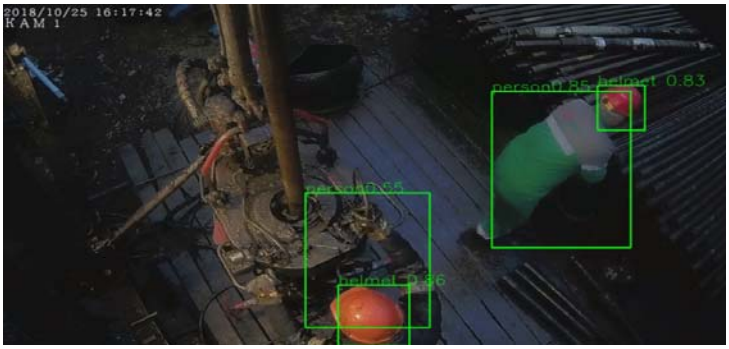


Рис. 6. Пример результата выполнения алгоритма

Таблица 2. Сравнение параметров качества работы детектора
и комбинации детектора и классификатора

	Точность	*Полнота*	*Мера*
Детектор	0,55	0,91	0,69
Детектор+классификатор	0,64	0,91	0,75

Далее был реализован описанный выше алгоритм и проанализированы его результаты с помощью вычисления усредненных по классам значений параметров точности, полноты и меры. Пример результата работы алгоритма представлен на рис. 6. Сравнение результатов представлено в табл. 2.

Результаты. В ходе работы были проведены экспериментальные исследования по созданию системы, обеспечивающей контроль соблюдения ТБ на производстве, обученной на составленных данных. Были проанализированы различные варианты распознавания объектов для имеющихся наборов данных – при помощи детектора и комбинации детектора и классификатора, было проведено их сравнение по параметрам качества работы. Для этого были использованы как имеющиеся алгоритмы и материалы, так и разработаны новые. Итоговым вариантом системы для контроля ТБ на производственной площадке стала комбинация двух нейросетей: детектора SqueezeDet и классификатора MobileNets, которая позволила увеличить точность на 9%. Учитывая, что в данной работе изображения обрабатывались по отдельности, в дальнейшем можно улучшить параметры качества путем взаимного учета результатов последовательной обработки кадров видеозаписи. Также планируется исследовать комбинации детектора и классификатора с использованием других архитектур, а также увеличить точность распознавания путем использования информации о расстоянии до объектов сцены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ivan Fomin and Aleksandr Bakhshiev. Research on Convolutional Neural Network for Object Classification in Outdoor Video Surveillance System // Studies in Computational Intelligence (SCI, volume 856) – 2019. – p.p. 214-220. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-30425-6_26.

2. Kang Li, Xiaoguang Zhao, Jiang Bian, Min Tan Automatic Safety Helmet Wearing Detection // arXiv:1802.00264. – 2018.

3. Abu H. M. Rubaiyat, Tanjin T. Toma, Masoumeh Kalantari-Khandani. Automatic Detection of Helmet Uses for Construction Safety // IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence Workshops – 2016.

4. Github.com labelImg [Электронный ресурс]. – https://github.com/tzutalin/labelImg.

5. Wu B. et al. Squeezedet: Unified, small, low power fully convolutional neural networks for real-time object detection for autonomous driving // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. – 2017. – С. 129–137.

6. Iandola F. N. et al. SqueezeNet: AlexNet-level accuracy with 50x fewer parameters and < 0.5 MB model size // arXiv preprint arXiv:1602.07360. – 2016.

7. Howard A. G. et al. Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications // arXiv preprint arXiv:1704.04861. – 2017.

УДК 72.04

А.К. Жельвите, О.А. Вуль, Е.В. Воронина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕКОНСТРУКЦИЯ ФАСАДОВ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД НА ПРИМЕРЕ ИНТЕРПРЕТАЦИОННОЙ КОЛОРИСТИКИ

Дошкольное воспитание является основополагающим моментом в становлении личности ребенка, формирующим его отношение к окружающему миру и эмоциональные реакции. Развитие и коммуникативные навыки, получаемые ребенком в семье, дополняются с помощью дошкольных образовательных учреждениях (ДОУ), к которым относятся детские сады, являющиеся первой образовательной ступенью в жизни дошкольника. Детский сад – место, где дети впервые знакомятся с обществом, учатся выстраивать коммуникации, попадая в широкую социальную среду. Именно с приходом в детский сад запускаются важнейшие процессы социализации ребенка, выстраиваются его первые контакты с малознакомыми взрослыми и со сверстниками. Таким образом, одна из главных целей ДОУ – благополучное развитие и социальная адаптация детей. При этом основной задачей дошкольного образовательного учреждения является создание психологически комфортной среды для каждого воспитанника [1].

К важным факторам, обеспечивающим необходимую психологическую адаптацию окружающей среды, относятся интерьер, экстерьер и ландшафт ДОУ. В данной статье рассматривается вопрос дизайна фасадов детских садов в Санкт-Петербурге.

В настоящее время в Северной столице функционируют детские сады, построенные по различным типовым проектам советских лет. До сих пор остаются действующими детские сады, не раз подвергавшиеся частичным реконструкциям и капитальным ремонтам и спроектированные для застраиваемых районов на окраинах города в 40-е годы прошлого столетия. В 1946 году были опубликованы новые нормы проектирования детских садов. В 1948 году в результате конкурсного отбора был осуществлена экспериментальная постройка унифицированного здания детского учреждения по проекту архитектора Р. Смоленской в Измайлове (Москва), ставшего впоследствии типовым проектом, получившим широкое распространение в строительстве. Проект Смоленской показал необходимость унификации зданий детских дошкольных учреждений, что способствовало значительной экономии средств и индустриализации данного вида строительства. Таким образом, с 1948 года по сегодняшний день для постройки муниципальных детских садов используются типовые проекты, которые незначительно меняются в соответствии с современными технологиями жилищного строительства [2, 3].

Социальные проекты СССР послевоенного периода, обеспечившие отдельным жильем и логичной инфраструктурой значительные массы городского населения, повлекли за собой, помимо положительных моментов, и негативные последствия. Архитектурный облик ДОУ, построенных в середине и во второй половине XX столетия, в наши дни становится визуально непригодным, не соответствующим требованиям времени.

Невысокий уровень качества фасадов детских садов обусловлен тем, что архитекторы и проектировщики прошлого столетия обращали внимание в основном на удовлетворение требований санитарных и пожарных норм, придавая меньшее значение эстетической составляющей. В итоге детские сады не выделяются на фоне застройки микрорайонов, сливаясь с невыразительным рядом окружающих их жилых зданий. Вместе с тем, требования времени рождают спонтанное желание украшательства, что приводит к появлению на фасадах ДОУ случайных росписей и накладных элементов-вставок на «детские темы», или появлению окон случайной формы, не соответствующих назначению помещений.

В результате развития экономики и социальной инфраструктуры страны возникают новые требования к детским садам. В XXI веке важными аспектами являются не только обеспечение первичных потребностей воспитанника – тепла, безопасности, питания – но и удовлетворение эстетических потребностей. То, как будет выглядеть первое в жизни человека образовательное учреждение, может во многом отразиться на дальнейшем восприятии им мира и выборе будущей профессии.

Одним из возможных путей, направленных на реновацию так называемых «спальных» микрорайонов, построенных во второй половине XX столетия, является акцентное выделение функциональных единиц инфраструктуры посредством колористического решения. Рассмотрим данный подход на примере реконструкции фасадов детских садов, как наиболее востребованных объектов визуального изменения городской среды с точки зрения быстрого и эффективного ее преобразования. Выбор изменения внешнего вида типовых зданий ДОУ в качестве показателя возможной реконструкции прилегающего городского ландшафта обосновывается их расположением: размещенные, наряду с поликлиниками и типовыми продовольственными магазинами в местах сосредоточения жилых массивов, детские сады остаются для них визуально значимыми объектами.

Фасад является элементом, дающим ребенку первое впечатление об увиденном здании. Таким образом, задачей дизайнера является создать такое колористическое и графическое решение фасада, чтобы оно с первого взгляда привлекало дошкольника. Колористическое решение должно соответствовать детскому восприятию цвета. Согласно исследованиям в области восприятия цвета детьми принято использование естественной цветовой модели (Natural Color System, NCS), которая создана в результате научных изысканий, проводимых психологами, физиками, архитекторами и дизайнерами Скандинавского института цвета в Стокгольме. Модель основана на системе противоположных цветов и отсылает нас к системе шести элементарных цветов Леонардо Да Винчи и теории трехмерной цветовой модели Арона Зигфрида Форсиуса.

Исходя из вышеупомянутых исследований, дети, начиная с самого раннего возраста, воспринимают три основных цвета: желтый, синий и красный. Желтый – цвет гармонии и спокойствия, благоприятно влияющий на психологическое состояние нервного и склонного к истерикам ребенка; кроме того, желтый цвет стимулирует аппетит. Желтый цвет может доминировать в колористическом решении дошкольного учреждения. Красный – цвет-раздражитель, способный возбудить даже самого спокойного ребенка. Однако красный цвет одновременно возбуждает интерес, концентрирует внимание, что позволяет продуктивно использовать его в процессе обучения. Задача дизайнера – применять красный цвет грамотно, не забывая как о положительных его свойствах, так и об отрицательных. Уместно использование красного цвета как акцентного. Синий – цвет спокойствия и безопасности. На

психику ребенка он оказывает успокаивающее и гармонизирующее действие, стимулируя созидательную деятельность.

К важнейшим факторам решения колористики фасадов детских садов Санкт-Петербурга относятся климатические особенности Северной столицы. Санкт-Петербург является малосолнечным городом: на протяжении всей осени, зимы и большей части весны солнечный день катастрофически короток. Всего за год в Петербурге бывает, в среднем, 177 пасмурных дней по общей облачности. В ясные дни средняя продолжительность солнечного сияния уменьшается от 10,1 часа в июне до 2 часов в декабре. Дефицит света сказывается не только на физическом здоровье горожан, но и на психологическом: нехватка солнечного света, ярких красок и витамина Д способна вызвать депрессию. Таким образом, дизайнер детского учреждения в Санкт-Петербурге должен отдавать предпочтение теплым и ярким цветам – таким, как желтый, оранжевый, и их оттенкам. Приведенный ниже проектный эскиз (рис. 1) иллюстрирует возможный путь колористического решения, позволяющего простыми средствами придать типовому – бетонному или кирпичному – фасаду ДОУ цветовую насыщенность и современное звучание.



Рис. 1. Колористическое решение типового фасада дошкольного учреждения.
Эскиз. О.А. Вуль, А.К. Жельвите

Если колористическое решение по большей части влияет на психологическое состояние ребенка, то графическое оформление, связанное с формообразованием на плоскости, может нести образовательную функцию. Становится востребованным использование определенной тематики в дизайн-решении детского сада, что обеспечивает дидактическую роль восприятия визуальных элементов. Существуют детские сады, интерьер и экстерьер которых оформлены в соответствии с заданной темой. Такой прием придает объекту индивидуальность, выделяет его из однообразной массы жилищной застройки, помогает идентификации объекта для детской аудитории. Так, оформление в стиле русской ремесленной традиции предполагает применение традиционных орнаментов – элементов гжельской, хохломской росписей, орнаментов дымковской игрушки, и пр. Наряду с народной тематикой получило распространение тематическое оформление с естественно-научной направленностью (космос, флора и фауна), а также с литературной направленностью (хрестоматийные герои сказок и других литературных произведений). Тематическая заданность оформления ориентирована на появление у ребенка интереса к той или иной сфере знаний. Воплощаясь в современных решениях фасадов детских садов, тематический подход характеризуется появлением нового термина – «интерпретационная колористика».

Названному термину наиболее точно соответствует комплексная стилизация решения фасада по колориту и формообразованию, интерпретация характерных орнаментов и рисунков, соответствующих определенному стилю в изобразительном искусстве или конкретному художнику и его творчеству.

Интерпретация проявляется не только в решении фасада здания, но и в его интерьерах, мебельных элементах, текстиле. Примеры проектирования ДОУ с данным инновационном компонентом представлены в Московском регионе – например, дизайн детского сада в Бескудниково решен с использованием тематической интерпретации. Декоративное решение фасадов здесь посвящено крестьянскому периоду в творчестве Казимира Малевича, а интерьеры здания – русскому народно-декоративному искусству: дымковской и филимоновской глиняной игрушке [4].

В представленном на рис. 2 эскизе предлагается колористическое решение кирпичного фасада и ограждения крыши детского сада на основе орнаментальной стилизации.



Рис. 2. Интерпретационная колористика фасада и решение ограждения крыши ДОУ. Эскиз. А.К. Жельвите, Е.В. Воронина

Рассматривая тенденции преобразования городской среды с применением интерпретационной колористики, необходимо коротко осветить технические вопросы реконструкции существующих фасадов ДОУ.

Согласно п. 3.1 Положения о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений, утвержденного постановлением Госстроя СССР от 29.12.1973 № 279, «ремонт зданий и сооружений представляет собой комплекс технических мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных качеств как здания и сооружения в целом, так и их отдельных конструкций» [5]. Существуют основные пути преобразования фасадов детских садов, позволяющих в наиболее короткие сроки максимально эффективно объединить техническую и эстетическую составляющие. Чаще всего в отечественной практике используются два основных вида отделки: штукатурка «мокрого» типа с последующей покраской и навесные фасадные системы.

Система штукатурки фасада представляет собой способ отделки фасада с использованием смесей, разведенных водой или специальным раствором, и предусматривающий многослойное нанесение с последующей покраской. Традиционность

штукатурного фасада в современных условиях дополняется такими новыми возможностями, как армирование, применение устойчивых красящих составов и т. д.

Вторым типом отделочных решений фасадов является использование навесных фасадных систем. Вентилируемые навесные фасады представляют собой конструкции, состоящие из материалов облицовки (плит или листовых элементов) и несущего их легкого каркаса, который монтируется к стене таким образом, чтобы между стеновым заполнителем, утеплителем и облицовкой оставался воздушный слой для лучшей термической сохранности и одновременной вентиляции здания. В качестве облицовочного материала в навесных фасадных системах используют керамогранитные плиты, композитные элементы, пластиковые кассеты, металлические перфорированные панели. Применение данных материалов позволяет дизайнеру найти самые необычные решения за счет многообразия цветовой гаммы материалов и возможности придания объема рисунку на фасаде.

Инновационный подход к реконструкции фасадов ДОУ в сочетании с применением современных строительных технологий поможет изменить внешний вид «спальных» микрорайонов, позволит создать уникальный по индивидуальному восприятию, ориентированный на усвоение новых знаний дизайн детских садов, сформировать среду, необходимую для психологически устойчивого развития детей и комфортного пребывания взрослых жителей Санкт-Петербурга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Об образовании в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.07.2016): URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/.

2. Дорожная карта развития системы дошкольных образовательных учреждений в России: URL: https://minobr.sakha.gov.ru/files/front/download/id/1130688.

3. Журавлев, А.М. Наумова, Н.А. Всеобщая история архитектуры. Т. 12. Книга первая. Архитектура СССР // Архитектура жилых и массовых общественных зданий. 1955–1970. – М.: Стройиздат, 1975. – 755 с.

4. Яхкинд, С.И. Фасады детских образовательных учреждений. Современные решения // Градостроительство. – 2014, № 2(30). – С. 23–28.

5. Гельфонд, А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: учебное пособие. – М., Архитектура–С, 2007. – 356 с.

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

УДК 519.6:533.6.011

И.А. Шишкина, Н.К. Машаев, Е.В. Колесник
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ СВЕРХЗВУКОВОГО НЕВЯЗКОГО ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛЕ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ КЛИНОМ: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧИСЛЕННЫХ СХЕМ

При расчетах сверхзвуковых течений методом контрольного объёма одним из ключевых факторов является способ аппроксимации конвективных потоков на грани расчётной ячейки. Схема аппроксимации должна обеспечивать возможность достаточно точного разрешения газодинамических разрывов на небольшом числе внутренних точек при отсутствии осцилляций поля течения в окрестности разрывов. Существует два основных подхода для расчета потока на грани: методы годуновского типа, основанные на точном или приближенном решении задачи Римана о распаде произвольного разрыва, и методы с расщеплением потока [1]. В последнее время вследствие меньшей вычислительной сложности, более простой реализации, а также возможности их обобщения на широкий спектр задач, всё большую популярность приобретают схемы расщепления векторов потоков, в частности, схемы из семейства AUSM [2, 3]. Первой предложенной схемой была схема AUSM (Advection-Upstream-Splitting-Method) [3], основная идея построения схемы заключается в представлении конвективной и акустической волн как двух физически различных процессов. При вычислении потока на грани вектор потоков разбивается на две составляющие: конвективное слагаемое и слагаемое, содержащие давление, для которых расщепление проводится отдельно. Существует большое количество модификаций схемы AUSM. Схемы AUSM+up и SLAU ориентированы для расчета низкоскоростных течений [4], AUSMD и ее разновидности (AUSMDV, AUSMV) предназначены для более точного разрешения контактных разрывов [5]. Существуют и другие направления развития схем AUSM, например, для расчета многофазных течений [2].

Целью данной работы является исследование свойств схем семейства AUSM на тестовой задаче о сверхзвуковом течении в канале с центральным клином. Для выполнения расчетов использовался конечно-объемный «неструктурированный» программный код SINF/Flag-S, разрабатываемый в ИПММ СПбПУ. В ветви кода, предназначенной для расчетов существенно сжимаемых течений вязкого газа, были реализованы некоторые модификации схемы AUSM (AUSM, AUSM+, AUSM+up, SLAU, AUSMD). Повышение порядка точности схем в коде SINF/Flag-S достигается за счет использования MUSCL похода [6], для монотонизации решения используются TVD схемы [7] с обобщением на неструктурированные сетки [8]. Результаты расчётов, полученные при помощи реализованных схем, сравнивались с результатами, полученные при использовании схем Годунова и Роу, а также с результатами, полученными, при помощи ANSYS Fluent 16.2.

Рассматриваемая тестовая задача широко используется в литературе для исследования различных численных аспектов моделирования существенно сжимаемых течений [3]. Геометрия расчетной области представлена на рис. 1. При сжатии сверхзвукового потока в канале с центральным клином образуется косой скачок уплотнения (в результате обтекания острого угла θ), который затем отражается от верхней стенки канала. При этом в зависимости от значения определяющих параметров может реализоваться как регулярный режим отражения, так и более сложная конфигурация – маховское отражение. При обтекании тупого угла формируется веер волн разрежения, который может взаимодействовать с падающим и отраженным скачком.

Течение в канале определяется значением числа Маха набегающего потока M_{in} и углом падения косого скачка уплотнения α. Геометрический параметр *g*/*w* определяет взаимодействие веера волн разрежения с падающим скачком уплотнения вблизи верхней границы. В работе рассмотрено два режима течения, соответствующих регулярному и маховскому отражению косого скачка уплотнения от верхней стенки канала.

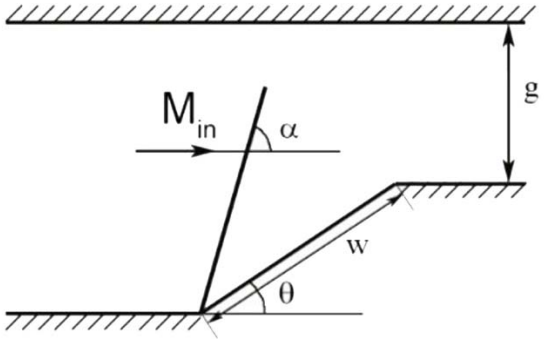


Рис. 1. Расчетная область в задаче обтекания центрального клина

Расчет течения в канале, соответствующего регулярному режиму отражения косого скачка от верхней стенки, проводился для следующего набора параметров: M_{in}=3, θ =18.33 (α=33.7°), *g*/*w*=0.95. Использовалась квазиструктурированная сетка размером 5000 элементов. На рис. 2 приведено поле модуля градиента плотности, показывающее ударно-волновую структуру течения: образование косого скачка уплотнения и регулярное отражение скачка от верхней стенки канала.

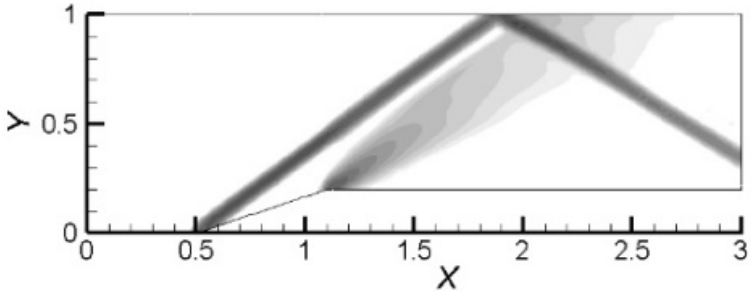


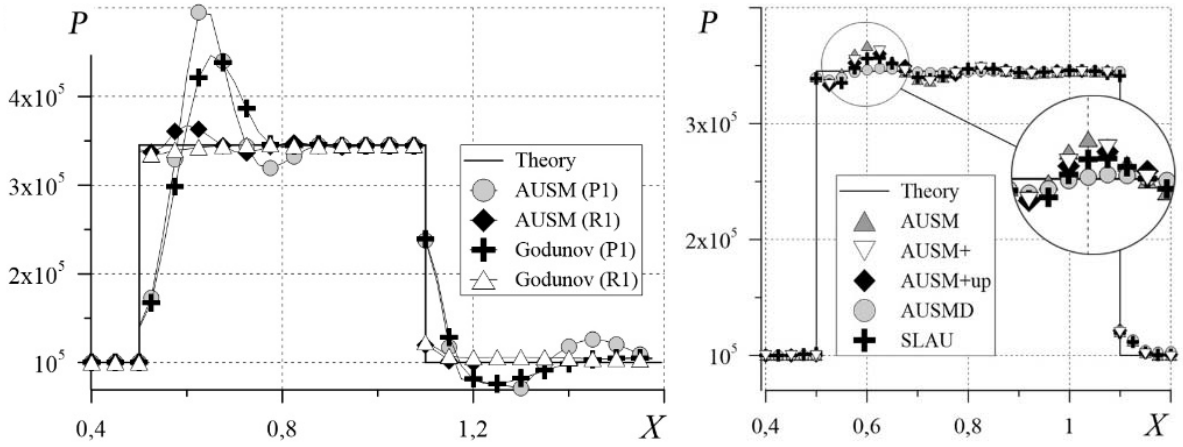
Рис. 2. Поле модуля градиента плотности, полученное при обтекании центрального клина для регулярного режима отражения

Известно, что при обтекании сверхзвуковым потоком поверхности, содержащей точки излома, в численном решении могут наблюдаться нефизические осцилляции поля давления в окрестности этих точек [9]. В коде SINF/Flag-S реализовано два способа экстраполяции давления на поверхность. Наиболее простой способ (далее – «P1») заключается в определении значения давления на стенке путем экстраполяции первого порядка значения из центра соседней ячейки. Второй способ (далее – «R1»), основанный на решении задачи Римана о распаде разрыва, позволяет учесть образование волны разрежения или волны сжатия при наличии нормальной составляющей скорости в ячейке, прилегающей к границе [9]. В этом случае давление на стенке (*P*) определяется по формулам (где V_n – нормальная составляющая скорости, *p*, *c* – значение давления и скорости звука в центре прилегающей к границе ячейки):

$$P = p\left(1-\frac{k-1}{2}\frac{V_n}{c}\right)^{\frac{2k}{k-1}},\ \text{при } V_n>0;\ P\left(\rho\left(\frac{k+1}{2}P+\frac{k-1}{2}p\right)\right)^{-1/2}=-V_n,\ \text{при } V_n<0. \qquad (1)$$

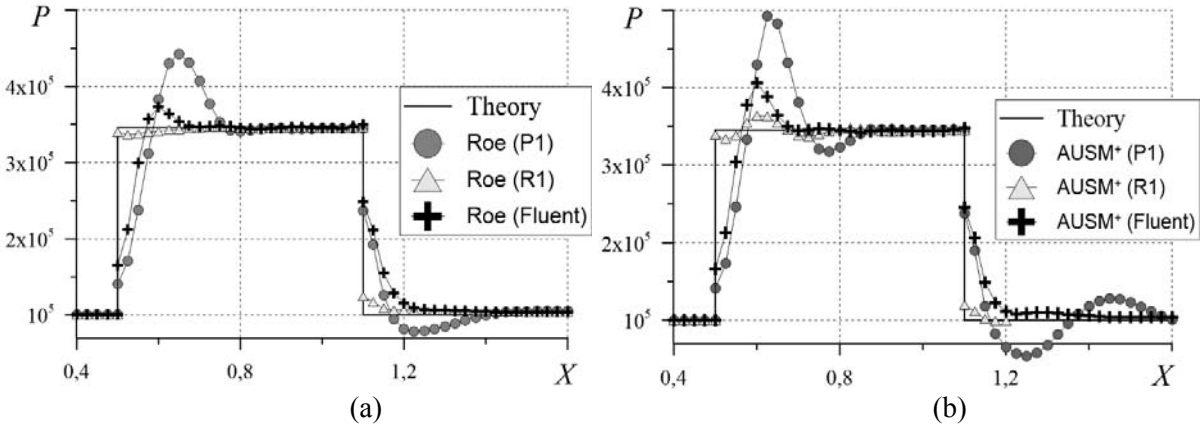
Было проведено сравнение этих двух способов применительно к реализованным схемам. На рис. 3а представлено распределение давления вдоль нижней стенки канала, рассчитанное

по схеме AUSM для двух способов экстраполяции давления, для сопоставления приводятся результаты, рассчитанные по схеме Годунова. В случае простой экстраполяции давления (P1) вблизи точек излома наблюдаются сильные осцилляции давления для обеих схем, использование метода R1 позволяет полностью устранить осцилляции для схемы Годунова, в случае схемы AUSM осцилляции значительно уменьшаются, однако полностью их устранить не удается. На рис. 3b сравниваются распределения давления, полученные по схемам AUSM в сочетании со способом R1. Можно отметить, что осцилляции наблюдаются для всех схем, за исключением AUSMD, при этом наибольшие осцилляции наблюдаются для схемы AUSM. На рис. 4 представлено сравнение распределений давления, полученных с помощью пакета ANSYS Fluent, с распределениями для двух способов экстраполяции давления для схем Poy и AUSM$^+$. Наилучшее совпадение с аналитическим решением для обеих схем получено при использовании способа R1. Данный метод позволяет полностью устранить осцилляции для схемы Poy и значительно уменьшить для схемы AUSM$^+$. Распределения, полученные с помощью пакета ANSYS Fluent, лучше согласуются с аналитическим решением по сравнению со способом P1, однако по сравнению с методом R1 наблюдаются довольно большие отклонения.



(a) (b)

Рис. 3. Распределение давления вдоль нижней стенки для регулярного режима для схем AUSM и Годунова со способами P1 и R1 (a) и для модификаций схем AUSM со способом R1 (b)



(a) (b)

Рис. 4. Распределение давления вдоль нижней стенки для регулярного режима, полученное с помощью пакета ANSYS Fluent и способов экстраполяции давления P1 и R1 для схемы Poy (a) и AUSM$^+$ (b)

Также был рассмотрен режим течения, соответствующий Маховскому отражению косого скачка от верхней стенки канала, который реализуется при следующем наборе

параметров [3]: M_{in}=2.84, θ = 21.3° (α=40.7), *g*/*w*=0.37. Вычисления проводились на сетке, содержащей 20 000 ячеек.

На рис. 5 приведены поля числа Маха, полученные в расчетах по различным схемам (с опцией R1). Видно, что в потоке имеется падающий косой скачок, отраженный и так называемая «ножка Маха», которые соединяются в тройной точке. Для решения по схемам AUSM и AUSMD наблюдается наличие осцилляций в области, расположенной между ножкой Маха и контактным разрывом, при использовании схем AUSM$^+$-up и SLAU осцилляции отсутствуют.

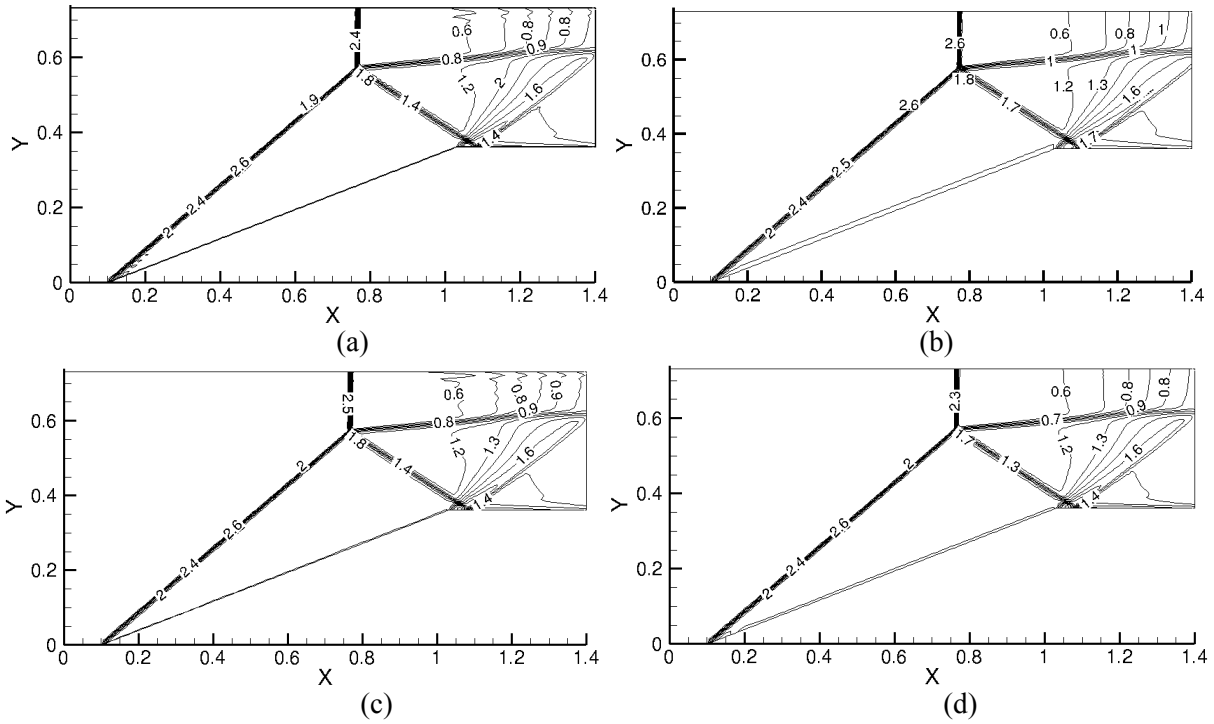


Рис. 5. Поле числа Маха, полученное при обтекании центрального клина для режима маховского отражения с помощью схем AUSM (a), AUSM$^+$-up (b), AUSMD (c) и SLAU (d)

Таблица 1. Длина ножки Маха, полученная в расчетах по различным схемам

	AUSM	AUSM+	AUSM+up	SLAU	AUSMD
H_m/w	0.165	0.166	0.160	0.167	0.166
	Godunov	AUSM+ ANSYS Fluent	AUSM, расчет [3]	Аналитическое решение [10]	
H_m/w	0.166	0.158	0.165	0.121	

В табл. 1 приводятся значения длины ножки Маха H_m, полученные в расчетах по различным схемам. Отметим хорошее согласие с экспериментальными данными [3] и аналитическим значением [10]. Отличие между решениями, полученными по схемам AUSM+ с помощью кода SINF/Flag-S и ANSYS FLUENT, составляет 5%. Результаты, полученные по различным схемам, близки между собой, за исключением схемы AUSM+up, для которой наблюдаются отклонения в 4 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. E.F. Toro Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics: a practical introduction. – Berlin: Springer, 2009.

2. L. Meng-Sing. The Evolution of AUSM Schemes // Defence Science Journal. – 2010. – Vol. 60, No. 6. – P. 606–613.

3. B. John, G. Sarath, V. Kulkarni and G. Natarajan. Performance comparison of flux schemes for numerical simulation of high-speed inviscid flows // Progress in Computational Fluid Dynamics. – 2014. – Vol. 14, No. 2. – P. 83–96.

4. K. Kitamura, K. Fujimoto, E. Shima. Performance of Low-Dissipation Euler Fluxes and Preconditioned Implicit Schemes in Low Speeds // AIAA Paper. – 2010. – 1272.

5. Y. Wada, M.-S. Liou. An accurate and robust flux splitting scheme for shock and contact discontinuities // SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing. – Vol. 18. – 1997. – P. 633–657.

6. B. Van Leer. Towards the ultimate conservative difference scheme. V. A second order sequel to Godunov's method // Journal of Computational Physics. – 1979. – Vol. 32, No. 1. – P. 101–136.

7. A. Harten. High resolution schemes for hyperbolic conservation laws // Journal of Computational Physics. – 1983. – Vol. 49, No. 3. – P. 357–393.

8. П.А. Бахвалов, Т.К. Козубская. Схема с квазиодномерной реконструкцией переменных, определенных в центрах элементов трехмерной неструктурированной сетки// Математическое моделирование. – 2016. – Т. 28, № 3. – С. 79–95.

9. E.V. Kolesnik, E.M. Smirnov. Some aspects of numerical modeling of inviscid supersonic flow in a duct with a central wedge // Journal of Physics: Conf. Series. 1038. – 2018.

10. G. Ben-Dor. Shock Wave Reflection Phenomena: Shock Wave Reflection Phenomena. – New York: Springer-Verlag, 1992.

УДК 534-18

Д.В. Кучеренко[1], М.В. Вильде[2]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет
[2] Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

ПОРОУПРУГАЯ МОДЕЛЬ В ЗАДАЧЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА МИОКАРДА

В современной медицине для восстановления нормальной геометрии органов используется большой класс биосовместимых материалов: от синтетических нитей до биологических заплат. Биозаменители для операций должны подбираться таким образом, чтобы они повторяли механические свойства и структуру живых систем. Поскольку живые ткани являются насыщенными физиологической жидкостью пористыми деформируемыми телами, представляет интерес изучение возможности моделирования их механического поведения на основе теории пороупругих сред. Первым шагом к разработке таких моделей является описание простейших экспериментов на выделенных образцах.

Цель работы – описать с использованием теории пороупругих сред эксперимент по одноосному сжатию образца миокарда.

Задачи работы: 1) провести натурный эксперимент методом одноосного сжатия образцов тканей сердца; 2) построить математическую пороупругую модель в переменных перемещения каркаса **u** и давления поровой жидкости p и поставить одномерную задачу о деформировании элемента миокарда; 3) проанализировать возможность применения пороупругой модели для аппроксимации петли гистерезиса и оценить влияние параметров пороупругой среды на кривую циклического деформирования; 4) провести сравнение полученных результатов с экспериментальными данными.

Экспериментальная часть.

Одноосное сжатие образцов миокарда является одной из простейших методик определения механических свойств изолированных образцов ткани сердечной мышцы [1]. В соответствии с этой методикой был проведен ряд экспериментов методом одноосного сжатия с предварительным циклическим (5 циклов) приложением нагрузки и разгрузки

(предподготовка). В левом желудочке (ЛЖ) и правом желудочке (ПЖ) были выделены несколько участков: нижняя, средняя и верхняя трети передней стенки, задней стенки и межжелудочковой перегородки (МЖП). Кроме того, в работе исследовались механические свойства верхушки сердца (рис. 1). Исследованы три сердца взрослых людей в возрасте от 40 до 65 лет. Средние значения высоты и площади поперечного сечения образцов в форме параллелепипеда (51 шт.) составили 7.7 мм и 324 мм^2. Для проведения эксперимента использовалась одноколонная испытательная машина Instron 3342. Скорость деформирования для всех образцов составляла 0.17 мм/сек. Эксперименты проводились в день забора биоматериала, не позднее 6 часов после аутопсии и не позднее суток после констатации смерти.

В процессе предподготовки наблюдалось явление гистерезиса: с каждым последующим циклом деформации до 10% происходило уменьшение значений напряжений. Одной из возможных причин появления гистерезиса может быть просачивание жидкости из одной части образца в другую и отток части жидкости через поверхность образца. Для учета этих явлений следует описать деформирование образца в процессе сжатия на основе пороупругой модели.

Анализ данных эксперимента на основе простейшей модели одномерной статической деформации однородного упругого тела показал, что *максимальный* модуль упругости в среднем наблюдается на задней стенке нижней трети ПЖ: 26.7 кПа, *минимальный* – на задней стенке средней трети ПЖ: 4.35 кПа. Модуль упругости в данной работе вычислялся в пределах гистерезиса как отношение приращения напряжения при увеличении деформации от 0 до 0.1 к приращению деформации 0.1. В работе [2] приведены результаты анализа тех же экспериментальных данных для модуля упругости, вычисленного как тангенс угла наклона к кривой в σ-ε плоскости, вычисленный в пределах физиологической активности сердца (деформации 0.2–0.25).

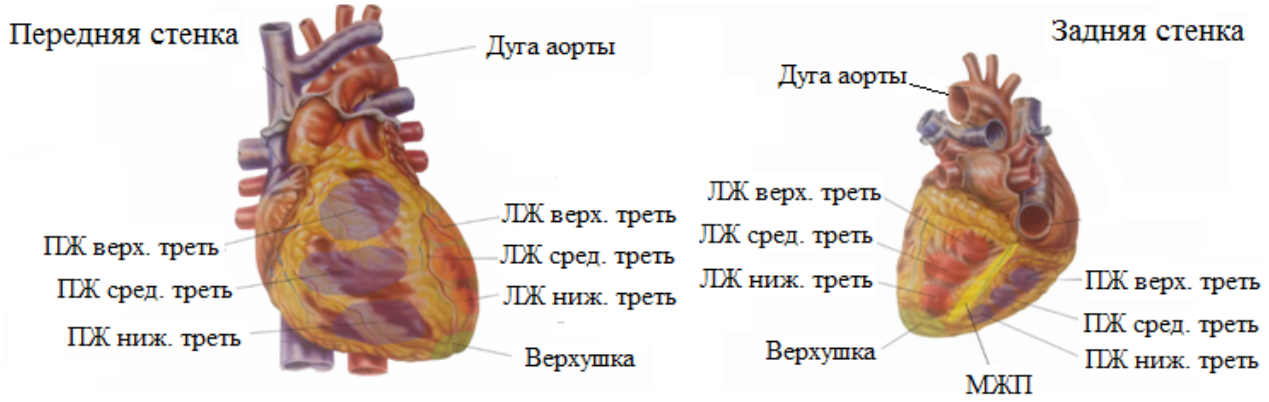


Рис. 1. Исследуемые области сердца человека. Модифицировано из [3]

Математическая модель. Определяющие соотношения и уравнения для пороупругой среды могут быть найдены в [4, 5]. В данной работе предполагается, что течение жидкости в порах соответствует течению Пуайзеля, и рассматриваются только низкочастотные динамические эффекты. Если упростить рассматриваемую задачу, считая напряженно-деформированное состояние образца одномерным и отбросив силы инерции, то она сводится к решению двух уравнений:

$$E\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - A_1\frac{\partial p}{\partial z} = 0, \quad K\frac{\partial^2 p}{\partial z^2} - A_1\frac{\partial \dot{u}}{\partial z} - A_2\frac{\dot{p}}{R} = 0. \qquad (1)$$

Здесь z – координата по оси, вдоль которой происходит сжатие, u – перемещение в направлении этой оси, p – давление в жидкости, $A_1 = (1-2\nu)A$, $A_2 = AA_1R\mu^{-1} + \phi^2$, A – компонента тензора коэффициентов эффективных напряжений Био, K – проницаемость среды, R – гидростатическая константа, ϕ – пористость среды, E, μ, ν – модуль Юнга, модуль сдвига

и коэффициент Пуассона (КП) среды в дренированном состоянии. Точка над переменными означает дифференцирование по времени.

Граничные условия (ГУ) для системы (1) записываются в виде

$$z = 0:\ u = 0,\ \ p = 0; \quad z = L:\ u = U_0(t), p = 0\,, \tag{2}$$

где L – высота образца, $U_0(t)$ – заданные перемещения траверсы испытательной машины.

Данные граничные условия соответствуют случаю, когда жидкость может свободно проникать в окружающую среду на нижней и верхней поверхностях. Также можно сформулировать ГУ для непроницаемых поверхностей на основании закона линейной фильтрации Дарси. Такие условия будут отличаться от предыдущих лишь тем, что вместо давления жидкости в порах p будет стоять его производная по координате z.

Для случая гармонических колебаний ($U_0 = U^0 e^{i\omega t}$) получено выражение для эффективных напряжений в миокарде. Полагая амплитуду деформации равной U^0/L, приходим к выражению для эффективного комплексного модуля Юнга в виде

$$E_{eff} = E_1 + iE_2 = \frac{LE\beta B_1 \operatorname{sh}\beta L}{LE\beta A_2 \operatorname{sh}\beta L - 2A_1^2 R\left(1 - \operatorname{ch}\beta L\right)}, \tag{3}$$

где $B_1 = A_2 E + A_1^2 R$, $\beta^2 = i\omega\alpha$, $\alpha = B_1/KER$.

Выражение (3) вытекает из решения уравнений (1) с ГУ (2). Наличие мнимой части модуля Юнга соответствует сдвигу фаз и диссипации энергии. Для ГУ, соответствующих непроницаемой поверхности, не происходит сдвига фаз между напряжениями и деформациями, следовательно, петля гистерезиса отсутствует.

Также была решена задача о нестационарном деформировании, в которой функция $U_0(t)$ задавалась в виде периодического треугольного импульса, соответствующего движению траверсы в эксперименте. Решение задачи для эффективного напряжения, полученное с использованием преобразования Лапласа [6], имеет вид

$$\sigma(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty - ia}^{+\infty - ia} \frac{A_M}{\omega^2 \tau} tg(\omega\tau) \frac{E\gamma\sqrt{i\omega}\operatorname{sh}\left(\gamma L\sqrt{i\omega}\right) B_1 \cdot e^{i\omega t}}{\gamma\sqrt{i\omega}\operatorname{sh}\left(\gamma L\sqrt{i\omega}\right) A_2 EL - 2A_1^2 R\left(1 - \operatorname{ch}\left(\gamma L\sqrt{i\omega}\right)\right)} d\omega\,,$$

где τ – время одного полуцикла; A_M – амплитуда траверсы машины; $\gamma = \sqrt{\alpha}$. При проведении вычислений было принято $a = 0.002$. Пределы интегрирования от -150 до 150 были определены на основе численного анализа сходимости решения.

Результаты. После проведения эксперимента испытательная машина выдает дискретный набор точек в σ-ε плоскости. Верхняя и нижняя ветви петли гистерезиса для пятого цикла были аппроксимированы полиномом третьей степени с помощью метода наименьших квадратов. После аппроксимации можно вычислить площадь S петли гистерезиса. Если представить модуль Юнга в комплексной форме, то площадь эллипса, которая может быть интерпретирована как площадь гистерезиса, вычисляется по формуле

$$S = \pi\sigma_0^2 \frac{E_2}{E_1^2 + E_2^2}, \tag{4}$$

где σ_0 – амплитуда колебаний напряжений вокруг нуля, E_1, E_2 – действительная и мнимая части комплексного модуля упругости. Из (4), зная σ_0, E_1 и S, можно вычислить мнимую часть, решив квадратное уравнение относительно E_2 и выбирая корень из условия $E_2 < E_1$.

Для выполнения вычислений по теоретическим формулам следует задать значения параметров пороупругого материала A, K, R, ϕ, E, ν. В данном исследовании за основу были приняты значения параметров для скелетной мышцы, приведенные в [5]. В частности, для пористости среды и гидростатической константы было принято ϕ = 0.8 и R = 7.63 МПа. Остальные параметры варьировались для лучшего согласования с экспериментальными

данными. Так как проницаемость мышечной ткани изучена недостаточно, и исследователи приводят для нее довольно обширный диапазон 10^{-12}–10^{-7} м^2/Па·с [7], ее значение варьировалось в этих пределах.

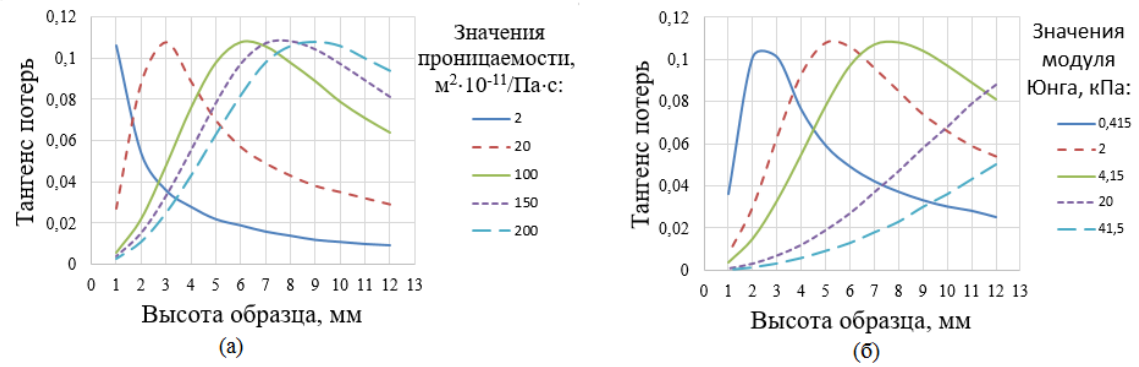


Рис. 2. Зависимость тангенса потерь от высоты образца при различных значениях проницаемости (а) и модуля Юнга в дренированном состоянии (б)

Вычислительные эксперименты показали, что при любом выборе материальных констант на диаграмме *тангенс потерь – высота образца* наблюдается максимум (см. рис. 2 для E_{dr} = 4.15 кПа (а) и $K = 1.5 \cdot 10^{-9}$ м^2/Па·с (б)).

Как видно из рис. 2, наивысшие потери при любом выборе параметров не превосходят 10.8%. Положение максимума определяется значением дренированного модуля Юнга и коэффициента проницаемости. При увеличении любого из этих параметров экстремум сдвигается в сторону роста высоты L образца. Также расчеты показали, что уменьшение значения КП увеличивает значение тангенса потерь.

В табл. 1 приведены результаты расчетов комплексного модуля упругости по формуле (3) в сравнении с экспериментальными данными (величина E_2 рассчитана по формуле (4)). Среди всех образцов были выбраны две пары с близкими значениями статического модуля упругости и площади поперечного сечения. Первая пара: L = 11 мм и L = 3 мм, вторая пара: L = 8 мм и L = 4 мм. При проведении вычислений были приняты следующие значения параметров, подобранные из условия наилучшего согласования результатов расчетов с экспериментальными данными: A = 0.94, ν_{dr} = 0.15, E_{dr} = 4.15 кПа, $K = 1.5 \cdot 10^{-9}$ м^2/Па·с.

Таблица 1. Экспериментальные и теоретические значения комплексного модуля

Метка образца	Эксперимент				Теория пороупругости			
	L, мм	E_1, кПа	E_2, кПа	E_2/E_1	L, мм	E_1, кПа	E_2, кПа	E_2/E_1
Средняя треть пер. стенки ЛЖ	11	5.210	1.251	0.24	11	4.910	0.436	0.089
Нижняя треть зад. стенки ЛЖ	8	5.514	1.959	0.355	8	4.635	0.501	0.108
Верхняя треть пер. стенки ПЖ	4	5.659	0.871	0.154	4	4.207	0.232	0.055
Верхняя треть пер. стенки ЛЖ	3	4.822	1.316	0.273	3	4.169	0.136	0.033

Из табл. 1 видно, что для одинаковой высоты (L = 8 мм) и в эксперименте, и в теории получаются максимальные значения мнимой части модуля Юнга и тангенса потерь. Также отметим, что все значения отношения мнимой части к действительной в 2–4 раза меньше, чем экспериментальные значения, вычисленные на основании площади петли гистерезиса.

В результате анализа экспериментальных данных было выделено три типа гистерезиса: *первый тип* характеризуется выходом на предельный цикл сразу после первого цикла, во

втором типе отчетливо видны первые два цикла, а затем все петли сходятся, *третий тип* отличается тем, что петли постоянно смещаются вниз или очень медленно выходят на предельное положение.

На рис. 3, 4 приведены результаты решения нестационарной задачи в сравнении с данными эксперимента. Для наглядности при построении теоретической кривой по оси ординат была отложена разность ($\sigma - 0.9\, E_0 \cdot \varepsilon$), где E_0 – секущий модуль Юнга при первом цикле нагружения.

Рис. 3, 4 показывают, что математическая модель качественно верно описывает выход процесса циклического деформирования на предельный цикл в зависимости от высоты образца. На рис. 3 отчетливо видны два цикла, а на рис. 4 – один цикл.

Анализ данных экспериментов также показывает, что при увеличении модуля Юнга (при сохранении геометрических характеристик образца) первый тип гистерезиса переходит во второй или третий. Однако в результате расчетов по теоретическим формулам получается противоположная зависимость. Объяснение данного явления требует дальнейших исследований.

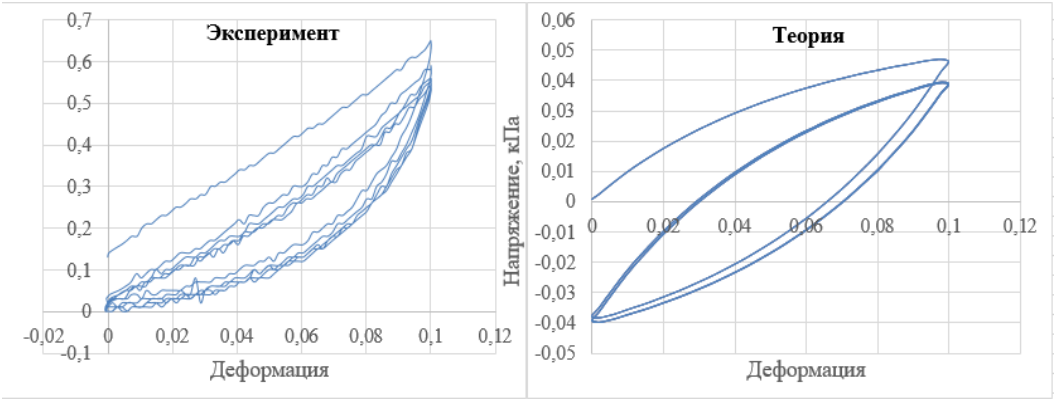


Рис. 3. Сравнение экспериментальной и теоретической кривых циклического деформирования для средней трети передней стенки ЛЖ, L = 11 мм

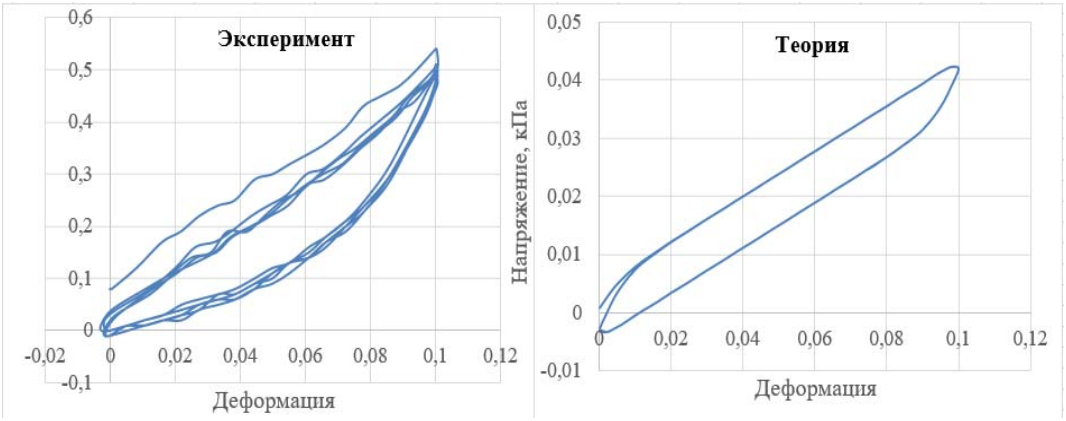


Рис. 4. То же, что рис. 3, для верхней трети передней стенки ПЖ, L = 3 мм

Выводы. Проведенное исследование показывает, что появление петли гистерезиса, по крайней мере частично, связано с наличием поровой жидкости в образце. Одномерная модель пороупругого тела, построенная в работе, позволяет качественно описать процесс циклического сжатия образца миокарда. Однако с количественной точки зрения теоретические значения не удается согласовать с экспериментальными: площади петли гистерезиса получаются в 2–4 раза меньше. Это можно объяснить грубостью модели, в которой не учитывается отток жидкости через боковую поверхность, нелинейность закона упругости твердой фазы и некоторые другие эффекты.

Авторы выражают благодарность Челноковой Наталье Олеговне за помощь в проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобелев А.В., Смолюк Л.Т., Кобелева Р.М., Проценко Ю.Л. Нелинейные вязкоупругие свойства биологических тканей / Екатеринбург: УрО РАН, 2012.

2. Кучеренко Д.В. Биомеханика сердечной мышцы // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2018» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов.

3. Эшвелл Кен. Популярная анатомия человека. Подробное иллюстрированное руководство с тестами для самоконтроля; [пер. с англ. С.Ю. Чигринец]. – М.: Эксмо, 2013. – 304 с. – (Цветные иллюстрированные медицинские атласы).

4. Biot M.A. Generalized theory of acoustic propagation in porous dissipative media // J. Acoust. Soc. Am. – 1962. – Vol. 34. – № 5. – P. 1254–1264.

5. Маслов, Л.Б. Конечно-элементные пороупругие модели в биомеханике / Монография. – СПб.: Лань, 2013. – 236 с.

6. Лаврентьев, М. А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. Издание 4-е. – М.: Наука. – 1972.

7. Perrinez P.R., Marra S.P., Kennedy F.E., Paulsen K.D. 3D finite element solution to the dynamic poroelasticity problem for use in MR elastography // Medical Imaging 2007 / Ed. A. Manduco. – Proc. of SPIE. – 2007. – Vol. 6511. – № 1B. – P. 65111B-1–65111B-11.

УДК 004.056

О.Н. Пендрикова, Е.Б. Александрова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОГЕНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОРОГОВОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

В последние годы ведущими учеными мира ведутся работы по созданию действующих прототипов многокубитных квантовых вычислителей. Так, в 2018 году корпорацией Google был представлен 72-кубитный квантовый процессор Bristlecone [1]. Стремительное развитие области квантовых вычислений ставит под угрозу функционирование большинства широко используемых асимметричных криптографических алгоритмов. Еще в 1994 году американский ученый П. Шор разработал полиномиальный алгоритм, сводящий задачи разложения числа на множители и дискретного логарифмирования в циклической группе простого порядка к задаче поиска периода функции, которая имеет эффективное решение с учетом принципа квантовой суперпозиции [2]. Существуют несколько классов криптографических задач, являющихся предположительно стойкими к таким атакам: подписи на хэш-функциях, шифрование на некоммутативных группах (например, группах кос), криптосистемы на решетках и другие. Таким образом, возникает необходимость в разработке криптографических алгоритмов, стойких к атакам на квантовом компьютере. Одной из перспективных задач, активно исследуемых в последнее время, является задача поиска изогений эллиптических кривых. На данный момент разработано большое количество различных схем, в основе которых лежит задача поиска изогений. Например, существуют протоколы установления ключа на изогениях, шифрование с открытым ключом, схемы цифровой подписи (групповой подписи, подписи вслепую, неоспоримой подписи), схема иерархической аутентификаци и др. Однако не известны схемы пороговой подписи, использующие изогении в качестве основной математической структуры, чем и обусловлена актуальность работы.

Целью данной работы является обеспечение пороговой аутентификации, основанной на задаче поиска изогений эллиптических кривых.

Пусть E_1, E_2 – эллиптические кривые над полем $\mathbb{F}_q, q = p^n$. Изогенией $\varphi: E_1 \to E_2$ называется рациональное отображение такое, что $\varphi(P_\infty) = P_\infty$ [3].

Ядром изогении φ называется множество точек кривой E_1, отображаемых в точку P_∞. Для сепарабельного отображения справедливо равенство: $deg\,\varphi = \#\,ker\,\varphi$ – степень отображения φ равна мощности его ядра. Эллиптические кривые E_1, E_2 называются изогенными, если между ними существует сепарабельная изогения. Изогения любой степени однозначно задается с помощью своего ядра. Согласно теореме Тейта [4] кривые изогенны тогда и только тогда, когда число точек у них совпадает. Для цепочки изогений вида $E_1 \overset{\varphi}{\to} E_2 \overset{\psi}{\to} E_3$ степень композиции изогений равна произведению их степеней: $deg(\psi \circ \varphi) = deg\,\varphi \cdot deg\,\psi$.

Изогении эллиптических кривых являются удобным математическим аппаратом для использования в протоколах на билинейных отображениях, так как выполняются следующие свойства, значительно упрощающие проверку корректности цифровой подписи при сохранении высокого уровня стойкости к атакам на квантовом компьютере [5]:

1. $e_r\big(P, \varphi(Q)\big) = e_r(\varphi(P), Q)$, где $\varphi: E_1 \to E_2$ – изогения эллиптических кривых E_1 и E_2, $P \in E_1, Q \in E_2$.
2. $e_r(\varphi(P), \varphi(Q)) = e_r(P, Q)^{\deg \varphi}$, где $\varphi: E_1 \to E_2$ – изогения эллиптических кривых E_1 и E_2, $P, Q \in E_1, \varphi(P), \varphi(Q) \in E_2$.

В связи со спецификой конкретных практических приложений возникает необходимость в групповой аутентификации, когда цифровая подпись формируется группой участников, а проверяющий имеет возможность удостовериться в том, что подпись вычислена данной группой участников. В зависимости от требований, предъявляемых к такой цифровой подписи, она может быть организована, например, в виде групповой или кольцевой подписи, когда один участник может подписать сообщение от имени всей группы, а также в виде пороговой или коллективной подписи, когда для формирования подписи требуется определенное количество участников.

Концепция пороговой подписи заключается в повышении безопасности секретной информации – закрытого ключа подписи – путем разделения частей секрета между всеми участниками, причем таким образом, чтобы для восстановления ключа и формирования корректной подписи требовалось участие не менее, чем t пользователей, где t – заранее заданное пороговое значение. Чаще всего разделение секрета производится некоторой доверенной стороной – дилером. Формирование итоговой подписи может осуществляться по-разному, в зависимости от конкретных целей: совмещение частичных подписей может производиться доверенной стороной или уполномоченным на это участником, сами участники могут объединяться для восстановления значения закрытого ключа и последующего формирования цифровой подписи и т.п.

В работе предлагается схема пороговой подписи на изогениях суперсингулярных эллиптических кривых. Предлагаемая схема основана на иерархической аутентификации, представленной в работе [6], и состоит из алгоритмов генерации открытых параметров схемы, генерации открытого и закрытых ключей, формирования подписи и проверки подписи.

Порядок группы точек эллиптической кривой может быть гладким числом, так как задача дискретного логарифмирования в этой группе точек не влияет на стойкость криптосистемы на изогениях суперсингулярных кривых.

Для характеристики поля вида $p = l_A^{e_A} l_B^{e_B} l_S^{e_S} f \pm 1$, где l_A, l_B, l_S – маленькие простые числа, f – некоторый сомножитель, с помощью алгоритма, представленного в работе [7], можно сгенерировать суперсингулярную эллиптическую кривую над полем $\mathbb{F}_{p^2}$, число точек которой будет составлять $(l_A^{e_A} l_B^{e_B} l_S^{e_S} f)^2$.

Таким образом, *алгоритм генерации открытых параметров* схемы состоит из генерации характеристики поля p, суперсингулярной эллиптической кривой $E(\mathbb{F}_{p^2})$ и

случайной точки $P_M \in E[l_S^{e_S}]$, нахождения образующих подгруппы кручения $E[l_S^{e_S}] < P_S, Q_S >$ и определения хэш-функции $H: \{0,1\}^* \to \mathbb{Z}$ для сообщения.

Алгоритм генерации ключей подразумевает формирование открытого и закрытого ключей группы с последующим разделением закрытого ключа между всеми участниками. Для этого выполняются следующие действия.

1. Сгенерировать секретную изогению $\varphi_s: E \to E_s$ с помощью ядра $< m_S P_S + n_S Q_S >$, где $m_S, n_S \in \mathbb{Z}/l_S^{e_S}\mathbb{Z}$ – случайные числа, не делящиеся на l_S.
2. Построить цепочку изогений $\varphi_1 \to \varphi_2 \to \ldots \to \varphi_k$, где $\varphi_i: E_{i-1} \to E_i,\ E_0 = E, i = 1, \ldots, k$, путем случайного выбора образующих $P_i, Q_i \in E_i[l_i^{e_i}], i = \{A, B\}$, и коэффициентов ядра $m_i, n_i \in \mathbb{Z}/l_i^{e_i}\mathbb{Z}$, не делящихся на l_i, где $< P_A, Q_A > = E[l_A^{e_A}], < P_B, Q_B > = E[l_B^{e_B}], k = C_n^{t-1}$, n – число участников группы, t – значение порога.
3. Вычислить образ $\psi(P_M) = \varphi_k \diamond \varphi_{k-1} \diamond \ldots \diamond \varphi_2 \diamond \varphi_1(P_M)$, где $\varphi_i: E_{i-1} \to E_i,\ E_0 = E$, " $\diamond$ " – операция композиции изогений. В качестве открытого ключа группы принимается кортеж $\{E_s, \psi(P_M), deg\psi, E_i, P_i, Q_i\}$, где $i = 1..k$.
4. В качестве закрытого ключа группы выступает пара значений $\{n_s, m_s\}$, которые служат для проверки легитимности пользователей, а также построенная на шаге 2 цепочка изогений (конкретно – пары значений $\{n_i, m_i\}$), разделенная между участниками по следующему алгоритму.

4.1. Вычислить $k = C_n^{t-1}$ максимальных запрещенных подмножеств $S_1, S_2, \ldots, S_k$ в терминах теории распределения секрета.

4.2. Для $i = 1..n$:

4.2.1. Для $j = 1..k$:

4.2.1.1. Если участник $u_i \notin S_j$, то выдать участнику u_i изогению φ_j.

Таблица 1. Распределение ключей в (3,5)-пороговой схеме

	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6	φ_7	φ_8	φ_9	φ_{10}
u_1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
u_2	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
u_3	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+
u_4	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-
u_5	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-

При таком способе распределения ключа ни одно запрещенное подмножество участников (то есть такое, в котором содержится $t-1$ и менее участников), не сможет восстановить всю цепочку изогений для корректного формирования подписи. С другой стороны, любое множество из минимум t участников в совокупности владеет всей секретной цепочкой изогений и может сформировать подпись. В табл. 1 приведено распределение для (3,5)-пороговой схемы подписи.

Из табл. 1 видно, что любые три участника имеют в совокупности всю цепочку изогений, тогда как два и менее участников не имеют.

Получившееся распределение можно хранить в виде кортежа R из k чисел длины n бит, где для каждой изогении определяется, каким участникам она принадлежит. Например, табл. 1 может храниться в виде следующего кортежа:

$$[28, 26, 22, 14, 25, 21, 13, 19, 11, 7].$$

Каждый бит числа определяет наличие изогении у соответствующего участника. Например, для изогении φ_5 записано значение $25 = 11001_2$, то есть данная изогения принадлежит участникам u_1, u_4, u_5 (табл. 1).

Для *формирования подписи* участник, который хочет подписать сообщение, договаривается минимум с $t-1$ другими участниками для достижения необходимого порога

и, соответственно, получения возможности восстановить закрытый ключ. Формирование подписи производится в соответствии с алгоритмом, приведенным в работе [6] с тем отличием, что инициатор подписи самостоятельно выбирает участника, который будет формировать следующую частичную подпись в соответствии с таблицей распределения, пересылает ему необходимые данные (предыдущую подпись), а каждый подписывающий пересылает получившуюся частичную подпись обратно инициатору.

Для *проверки подписи* $\sigma = \{Q, Q_{k,M}\}$ сообщения M проверяющий, используя часть открытого ключа группы $\{\psi(P_M), deg\psi\}$, вычисляет следующее значение спаривания Вейля:

$$e_{l_s^{es}}\left(\psi(P_M), Q_{k,M}\right) \stackrel{?}{=} e_{l_s^{es}}(P_M, hQ)^{deg\psi}.$$

Если равенство выполняется, то проверяющий делает вывод о том, что подпись верна, в противном случае – не верна.

Данная проверка является корректной, так как основана на следующем свойстве билинейных отображений:

$$e_{l_s^{es}}\left(\psi(P_M), Q_{k,M}\right) = e_{l_s^{es}}\left(\psi(P_M), \psi(Q_M)\right) = e_{l_s^{es}}\left(\psi(P_M), \psi(hQ)\right) = e_{l_s^{es}}(P_M, hQ)^{deg\psi}.$$

При проведении анализа безопасности разработанной схемы подписи было решено модифицировать алгоритм генерации ключей и формирования подписи путем добавления в цепочку изогений ψ еще одной проверочной изогении $\varphi_{k+1}: E_k \to E_{k+1}$, известную каждому участнику группы наравне с φ_s и являющуюся частью их закрытых ключей. Для завершения формирования подписи участник-инициатор должен вычислить данную изогению и образ сообщения на получившейся кривой. В случае, когда указанный механизм отсутствует в алгоритме возможна ситуация, когда корректную подпись может сформировать участник, не состоящий в данной группе (для этого ему было бы достаточно договориться с t или большим количеством участников, что не противоречит идее пороговой подписи).

После указанной модификации размер открытого ключа группы и размеры закрытых ключей участников были незначительно увеличены, при этом была исключена возможность формирования корректной подписи нелегитимным участником.

Вывод. В работе проанализированы протоколы цифровых подписей. Для исследования в качестве математической структуры, предположительно стойкой к атакам на квантовом компьютере, выбраны изогении эллиптических кривых. На основе известных схем разделения секрета и протокола иерархической аутентификации на изогениях [6] разработана схема пороговой подписи. Полученная схема обладает свойствами анонимности (невозможно установить личность инициатора подписи, а также личности участников, участвовавших в формировании подписи), корректности (для любого сообщения M любая подгруппа из t и более участников может сформировать корректную подпись), невозможности фальсификации. Исходя из свойств биномиальных коэффициентов при использовании выбранной схемы разделения секрета данная схема подписи будет эффективна с точки зрения размера закрытого ключа в тех случаях, когда для подписания сообщения требуется либо сравнительно малое число участников, либо наоборот, достаточно большое (требуется согласие абсолютного большинства).

Дальнейшие исследования в этой области состоят в анализе безопасности данной схемы с точки зрения наличия внешнего/внутреннего нарушителя, а также ее модификации: добавление отзыва права подписи и возможности включения новых участников в группу, наделение схемы свойствами динамичности и другие свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. A Preview of Bristlecone, Google's New Quantum Processor, Julian Kelly, Google AI Blog. March 5, 2018. – URL: https://ai.googleblog.com/2018/03/a-preview-of-bristlecone-googles-new.html. – (дата обращения: 08.10.2019).

2. Shor P. W. Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring // Proceedings 35th annual symposium on foundations of computer science. – IEEE, 1994. – С. 124–134.

3. Ростовцев А.Г. Эллиптические кривые в криптографии. Теория и вычислительные алгоритмы. – СПб.: Профессионал, 2010.

4. Silverman J. H. The arithmetic of elliptic curves. – Springer Science & Business Media, 2009. – Т. 106.

5. Enge, A. Bilinear pairings on elliptic curves // arXiv preprint arXiv:1301.5520. – 2013.

6. Ярмак, А.В. Схема иерархической аутентификации на основе изогений эллиптических кривых: дипломная работа: 10.05.01. СПбПУ, СПб., 2018. – URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/v18-170.pdf. – (дата обращения: 09.10.2019).

7. Bröker, R. Constructing supersingular elliptic curves / R. Bröker // J. Comb. Number Theory. – 2009. – Vol. 1(3). – P. 269–273.

УДК 519.21

В.С. Неверов, А.А. Кюн
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ И ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Работа посвящена исследованию методов генерации случайных чисел.

Генерация больших массивов случайных чисел критически важна для безопасной передачи данных, науки, где случайные числа используются для проведения симуляций по методу Монте-Карло, а также игр и казино [1].

Цель исследования – создать новый алгоритм генерации случайных чисел, сравнить его с существующими алгоритмами. Методы проверки эффективности полученного алгоритма – тесты, предоставленные Национальным институтом стандартов и технологий (NIST), а именно среда, способная проводить пятнадцать статистических тестов.

Существует два основных подхода к генерации случайных чисел:

1) с помощью источников энтропии, которые выдают истинно случайные последовательности (генерация случайных чисел, далее – ГСЧ);
2) с помощью алгоритмов, которые выдают псевдослучайную последовательность (генерация псевдослучайных чисел, далее – ГПЧС).

Заметим, что использование ГСЧ обычно ограничено низкой скоростью и высокой стоимостью [2].

Проведем краткий исторический обзор некоторых существующих алгоритмов ГПСЧ.

Генератор кнута. Одну из первых попыток создания генератора псевдослучайных чисел (ГПСЧ) предпринял известный ученый Дональд Кнут [3]. В своем алгоритме он опроверг тезис, что для создания случайности достаточно просто совершить ряд сложных математических операций. Его алгоритм выглядел примерно так:

К1. [Выбрать число итераций] Присвоить Y наибольшую значащую цифру X.

К2. [Выбрать случайный шаг] Присвоить следующую наибольшую значащую цифру X. Переходим к шагу К(3 + Z), т. е. к случайно выбранному шагу в программе.

К3. [Обеспечить > 5 x 109] Если X < 5000000000, присвоить X значение X + 5000000000.

К4. [Средина квадрата.] Заменить X серединой квадрата X.

…

К13. [Повторить?] Если Y > 0, уменьшить У на 1 и возвратиться к шагу К2. Если Y = 0, алгоритм завершен. Значение числа X, полученное на предыдущем шаге, и будет желаемым «случайным» значением.

В результате этот алгоритм быстро зацикливался на числе 6065038420. Это стало хорошим практическим подтверждением известного афоризма Роберта Кавью «генерация случайных чисел слишком важна, чтобы оставлять ее на волю случая».

Линейный конгруэнтный метод.

Одним из самых простых для понимания алгоритмов является линейный конгруэнтный метод. Данный метод достаточно распространен, однако не обладает криптографической стойкостью, поэтому не может использоваться в криптографии. Линейный конгруэнтный метод заключается в вычислении членов линейной рекуррентной последовательности по модулю некоторого натурального числа m, задаваемой следующей формулой: $X_{n+1} = (aX_n + \mathrm{c}) \bmod \mathrm{m}$. При этом коэффициенты a, c и m выбираются произвольно. Например, для языка Java они таковы: a = 25214903917, m = 281474976710655, c = 11 [4].

Метод RANDU.

Это модификация линейного конгруэнтного генератора, вошедшая в употребление в 1960-х. Метод определяется рекуррентным соотношением:$V_{j+1} = \left(65539V_j\right) mod\ 2^{31}$, где V_0 – нечетное. Популярно мнение, что данный алгоритм – один из наименее продуманных генераторов псевдослучайных чисел среди когда-либо предложенных [5].

Вихрь Мерсенна.

Этот метод основывается на свойствах простых чисел Мерсенна и обеспечивает быструю генерацию высококачественных по критерию случайности псевдослучайных чисел [6]. Вихрь Мерсенна лишен многих недостатков, присущих другим ГПСЧ, таких как малый период, предсказуемость, легко выявляемые статистические закономерности. Тем не менее, этот генератор не является криптостойким, что ограничивает его использование в криптографии.

Опишем традиционные способы проверки эффективности алгоритмов. Каждый из них в качестве результата выдает так называемуюр-величину – вероятность того, что совершенный источник энтропии произведет последовательность, которая окажется менее случайной, чем исследуемая [7]. Правила обработки результатов таковы:тест полностью провален, если $p < 0.01$; тест пройден, если $p > 0.01$. Значения, близкие к порогу 0.01, указывают не необходимость обратить дополнительное внимание на исследуемую уязвимость [7]. Некоторые тесты с их уязвимостями приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные тесты

Название теста	**Определяемая уязвимость**
Частотный побитовый тест	Неравномерное распределение нулевых и единичных бит в последовательности.
Спектральный тест	Наличие закономерностей в распределении
Тест рангов бинарных матриц	Линейная зависимость членов последовательности

Результат. Приступим к описанию полученного нами результата. На языке программирования Javascript в среде Node.js была написана программа, принимающая реализованный исследуемый алгоритм, с его помощью генерирующая последовательность любой длинны, а также всю необходимую для проведения тестов информацию.

Для использования программы нужно в отдельном файле реализовать алгоритм генерации, либо записать чистую последовательность. Затем запустить программу, предварительно настроив в файле конфигурации количество цифр. На выходе получается 3 файла:

- сгенерированная последовательность в бинарном формате;
- она же в десятичном формате;
- информационный файл.

Последний содержит частотное распределение цифр (количество вхождений каждой цифры в последовательность), а также сумму бит (каждая единица принимается за 1, 0 за – 1).

Наш метод генерации случайных чисел состоит в использовании смешанного подхода: сначала генерируется чисто случайная последовательность (ГСЧ), затем ее числа

используются в качестве зерна для алгоритма ГПСЧ. Это позволяет использовать сильные стороны обоих подходов.

Первый этап генерации. Для генерации случайных чисел был написан скрипт на языке Javascript, который встраивается на совершенно любой веб-сайт, где на основании действий пользователя создает последовательность случайных чисел и отправляет ее на сервер для обработки и записи в файл.

В качестве случайных чисел выступают две последние цифры числа миллисекунд, прошедших со входа посетителя на сайт. Это время предоставляется браузером с чрезвычайно высокой точностью. Также для обеспечения случайности скрипт срабатывает лишь раз в 9 миллисекунд. Это время можно настраивать. Данные отправляются на сервер в фоновом режиме раз в 3500 миллисекунд. Это сделано для того, чтобы в итоговом файле числа постоянно чередовались. Случайность обеспечивается еще и тем, что за 3.5 секунды разные пользователи даже одного и того же сайта совершают разное количество действий. Следовательно, в итоговом файле последовательность будет являть собой случайные числа случайной длины от случайных пользователей со случайных сайтов.

При этом продуктивность такой системы потенциально неограничена, так как на данный момент интернет используется приблизительно 3.9 миллиардами людей по всей планете. Однако для того чтобы сделать метод еще более продуктивным, причем в заданных масштабах, мы разработали еще и второй этап.

Второй этап генерации. Из последовательности, полученной в первом этапе, берутся по 10 чисел, чтобы быть использованными в качестве зерна для ГПСЧ Alea. При этом на месте последнего может быть любой хороший проверенный ГПСЧ. На основании зерна генерируется 25 чисел, каждое по 13 цифр. Это позволяет превратить 10 случайных чисел в 25*13=325, то есть в 32.5 раза увеличить изначальную последовательность, при достойном сохранении случайных свойств.

Стоить отметить, что коэффициентами можно управлять в зависимости от потребностей. Если нужна менее объемная, но более случайная последовательность, можно взять не 25, а, например, 10 чисел.

Ход эксперимента. В ходе экспериментальной проверки скрипт был установлен на три сайта, куда были приглашены люди. Испытуемые знали о цели исследования, однако мы попросили их пользоваться сайтами так, как если бы они нашли их сами.

Анализ эффективности нового алгоритма. В табл. 2 приведены некоторые из тестов, примененные к последовательности, полученной нашим методом, и с помощью вихря Мерсенна.

Таблица 2. Сравнение полученного алгоритма и вихря Мерсенна

	Частот. побит. тест	Частот. блочный тест	Тест кумулятивных сумм	Тест рангов бинарных матриц	Спектральный тест	Тест на линейную сложность
Наш метод	0.911413	0.350485	0.350485	0.534146	0.213309	0.534146
Вихрь Мерсенна	0.000000	0.000000	0.000000	0.350485	0.534146	0.008879

Также приведем полный набор результатов среды тестирования NIST. Напомним, она содержит 15 статистических тестов, выявляющих различные уязвимости. При использовании тестов NIST изначальная последовательность длинной в миллион цифр разделяется на 10 подпоследовательностей по 100 000, и на каждой проводится тестирование. Чтобы тест был пройден, важно, чтобы пропорция в столбце PROPORTION была как минимум 8/10.

```
-------------------------------------------------------------------------------
RESULTS FOR THE UNIFORMITY OF P-VALUES AND THE PROPORTION OF PASSING SEQUENCES
-------------------------------------------------------------------------------
   generator is <research_bin.dat>
-------------------------------------------------------------------------------
 C1  C2  C3  C4  C5  C6  C7  C8  C9 C10  P-VALUE  PROPORTION  STATISTICAL TEST
-------------------------------------------------------------------------------
  0   2   1   1   1   1   0   1   2   1  0.911413     10/10      Frequency
  0   3   2   1   2   0   0   0   1   1  0.350485     10/10      BlockFrequency
  0   1   1   0   1   2   0   0   4   1  0.122325     10/10      CumulativeSums
  0   3   0   1   2   1   0   0   1   2  0.350485     10/10      CumulativeSums
  0   1   3   0   0   2   1   1   2   0  0.350485     10/10      Runs
  0   3   0   1   1   1   0   1   2   1  0.534146     10/10      LongestRun
  0   2   2   0   2   0   1   1   0   2  0.534146     10/10      Rank
  0   1   2   0   0   2   3   0   0   2  0.213309     10/10      FFT
  0   0   4   1   0   1   3   0   0   1  0.035174     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   2   1   1   1   1   0   0   1   3  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   0   1   1   0   2   1   2   2  0.739918     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   1   1   2   1   1   1   1   1   1  0.991468     10/10      NonOverlappingTemplate
  2   1   2   1   2   2   0   0   0   0  0.534146      9/10      NonOverlappingTemplate
  0   0   3   0   1   1   0   0   3   2  0.122325     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   1   1   1   0   2   1   0   3  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  2   2   0   2   0   2   0   1   1   0  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  2   0   1   1   1   0   3   1   0   1  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   2   1   2   1   1   0   1   1   1  0.911413     10/10      NonOverlappingTemplate
  2   1   0   1   2   1   1   0   0   2  0.739918     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   0   2   0   2   1   2   0   1   2  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
```

Рис. 1. Результаты тестов NIST. Первая часть

```
  0   0   3   2   0   1   0   1   1   2  0.350485     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   1   2   0   2   1   0   1   0   2  0.739918     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   2   1   1   2   0   1   1   1  0.911413     10/10      NonOverlappingTemplate
  3   0   2   1   1   2   1   0   0   0  0.350485     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   1   1   0   2   1   1   2   1  0.911413     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   0   3   1   1   2   0   2   0  0.350485     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   0   1   1   2   0   3   1   1  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   0   3   2   1   2   1   0   0   1  0.350485     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   0   1   1   1   2   2   1   1   1  0.911413     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   0   3   2   2   0   0   0   2  0.213309      9/10      NonOverlappingTemplate
  0   2   1   1   2   0   2   1   1   0  0.739918     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   1   2   1   3   0   0   0   2   1  0.350485     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   0   2   0   1   2   2   0   2  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   1   0   0   2   2   0   2   2   1  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   1   0   1   1   0   2   2   2   1  0.739918     10/10      NonOverlappingTemplate
  1   0   0   0   1   1   1   0   2   4  0.122325     10/10      NonOverlappingTemplate
  0   1   1   0   1   0   2   1   3   1  0.534146     10/10      NonOverlappingTemplate
  2   1   0   1   0   2   1   1   2   0  0.739918     10/10      NonOverlappingTemplate
  2   1   3   0   0   0   0   3   0   1  0.122325     10/10      OverlappingTemplate
  0   0   0   0   0   0   0  10   0   0  0.000000 *   10/10      Universal
  1   1   1   1   0   2   3   0   0   1  0.534146     10/10      ApproximateEntropy
  1   1   0   1   1   1   2   0   2   1  0.911413     10/10      Serial
  1   0   0   1   3   1   0   3   0   1  0.213309     10/10      Serial
  1   1   1   1   3   2   1   0   0   0  0.534146     10/10      LinearComplexity
```

Рис. 2. Результаты тестов NIST. Вторая часть

Как можно видеть на рис. 1 и рис. 2, разработанный нами алгоритм проходит все тесты NIST, поскольку результирующая p-величина всегда выше 0.01, причем никогда к этому значению не приближается. Также величина в столбце PROPORTION всегда равна как минимум 9/10.

Распределение цифр в миллионной последовательности, как можно видеть по рис. 3, очень равномерно, тогда как вихрь Мерсенна склонен гораздо чаще выдавать 1, 2 и 3, чем другие числа.

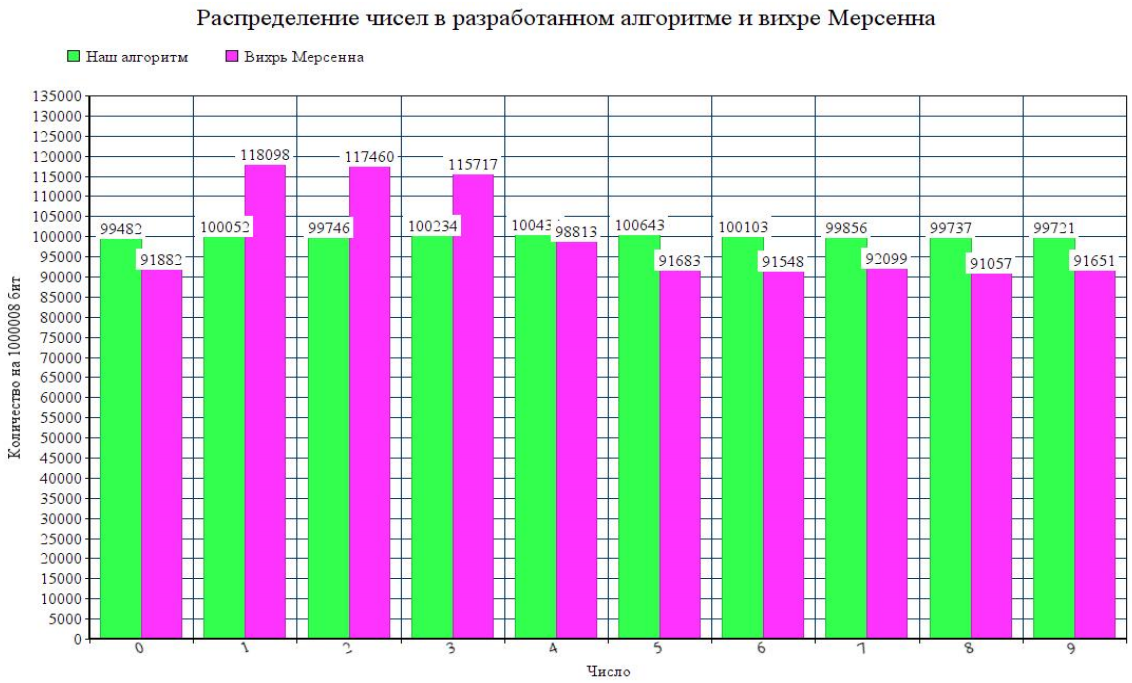


Рис. 3. Распределение миллиона чисел. Сравнение с вихрем Мерсенна

Вывод. В результате исследования был получен и протестирован в реальных условиях метод генерации большого массива случайных чисел на основе пользовательских действий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Applications of randomness. [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Applications_of_randomness (Дата обращения 17.11.2019).

2. Hardware random number generator. [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware_random_number_generator (Дата обращения: 16.11.2019).

3. Генерация псевдослучайных чисел. [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/en/post/132217/ (Дата обращения: 16.11.2019).

4. Случайные числа не случайны. [Электронный ресурс]. URL: https://medium.com/@frontman/%D1%81%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B0-%D0%BD%D0%B5-%D1%81%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%8B-252e08e60828 (дата обращения: 24.10.2019).

5. RANDU. [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/RANDU (датаобращения: 24.10.2019).

6. MersenneTwister. [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Mersenne_Twister (Дата обращения: 16.11.2019).

7. NIST SP 800-22 A statistical test suit for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications. URL: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-22r1a.pdf (дата обращения: 17.11.2019).

УДК 539.3, 537.226.4

С.М. Лобанов, А.С. Семенов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ДВУХФАЗНЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ

Широкое использование сегнетоэлектроупругих материалов (сегнетоэлектриков и сегнетоэластиков) в современной технике обуславливает непрекращающийся интерес к изучению и совершенствованию их физико-механических свойств. Одной из важнейших задач в настоящее время является переход от повсеместно распространенных пьезокерамик на базе титанат-цирконата свинца (ЦТС) к более приемлемым с экологической точки зрения бессвинцовым керамикам. Хотя сегнетоэлектрические свойства титаната бария и других структур типа перовскита были открыты еще в 40х годах 20 века, с изобретением ЦТС и вплоть до недавнего времени им уделялось мало внимания в связи с значительным преимуществом ЦТС в пьезоэлектрических и диэлектрических свойствах. Однако было обнаружено, что эти преимущества могут быть компенсированы при использовании керамик на основе титаната бария и других бессвинцовых перовскитов с составом близким к морфотропной фазовой границе (МФГ) [1, 2]. Хотя изучение возможности получения кристаллов вблизи МФГ уже активно ведется не первое десятилетие, поиск и моделирование оптимальных двухфазных и трехфазных композиций с повышенными характеристиками остается важной и актуальной задачей.

В расчетах используется микромеханическая модель сегнетоэлектроупругого материала с учетом диссипативного характера движения доменных стенок [3, 4], позволяющая рассматривать сегнетоэлектрические кристаллы в тетрагональной, ромбоэдрической и орторомбической фазах, а также двух- и трехфазные смеси вблизи МФГ, без учета межфазовых переходов, то есть при постоянном фазовом составе смеси.

Микромеханическая модель была имплементирована в программе CES (Constitutive Equation Studio) [5], а конечно-элементная формулировка с использованием векторного потенциала [6] реализована в программном комплексе PANTOCRATOR v.7.19 [7, 8].

Основным структурным элементов модели является домен *I*, под которым понимается совокупность всех доменов в кристалле, имеющих одинаковое направление спонтанной поляризации. Объемная доля (концентрация) *I*-го домена в кристалле характеризуется величиной c_I: $0 \le c_I \le 1$. В каждой фазе возможны несколько направлений спонтанной поляризации и деформации для кристалла, изображенные на рис. 1: 6 в тетрагональной – в направлении ребер [001] (рис. 1а), 12 в орторомбической – в направлении диагоналей граней [011] (рис. 1б), 8 в ромбоэдрической – в направлении пространственных диагоналей [111] (рис. 1в).

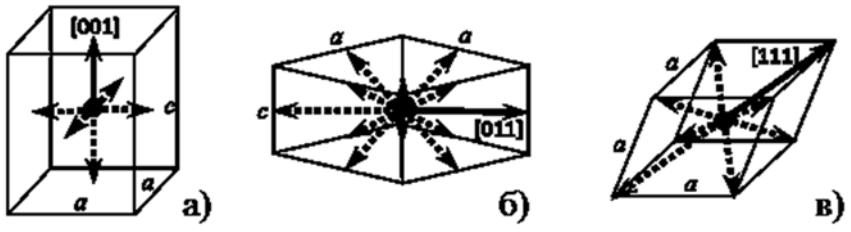


Рис. 1. Возможные направления спонтанной поляризации ячеек: а) тетрагональной; б) орторомбической; в) ромбоэдрической фазы

Микромеханическая модель описывается следующей системой нелинейных дифференциально-алгебраических уравнений:

(i) *определяющие соотношения для кристалла*, получаемые осреднением тензора деформаций $\boldsymbol{\varepsilon}$ и вектора диэлектрических смещений $\boldsymbol{D}$ в условии однородности полей механических напряжений $\boldsymbol{\sigma}$ и электрического поля $\boldsymbol{E}$ в кристаллите:

$$\begin{Bmatrix}\boldsymbol{\varepsilon}\\ \mathbf{D}\end{Bmatrix}=\sum_{I=1}^{M}c_I\left(\begin{bmatrix}{}^4\mathbf{S}_I^E & {}^3\mathbf{d}_I^T\\ {}^3\mathbf{d}_I & \boldsymbol{\kappa}_I^\sigma\end{bmatrix}\circ\begin{Bmatrix}\boldsymbol{\sigma}\\ \mathbf{E}\end{Bmatrix}+\begin{Bmatrix}\boldsymbol{\varepsilon}_I^r\\ \mathbf{P}_I^r\end{Bmatrix}\right)=\left(\sum_{I=1}^{M}c_I\begin{bmatrix}{}^4\mathbf{S}_I^E & {}^3\mathbf{d}_I^T\\ {}^3\mathbf{d}_I & \boldsymbol{\kappa}_I^\sigma\end{bmatrix}\right)\circ\begin{Bmatrix}\boldsymbol{\sigma}\\ \mathbf{E}\end{Bmatrix}+\begin{Bmatrix}\boldsymbol{\varepsilon}^r\\ \mathbf{P}^r\end{Bmatrix},\qquad(1)$$

(ii) *уравнения эволюции* для осредненных по объему кристаллита тензора *остаточной деформации* $\boldsymbol{\varepsilon}^r$ и вектора *поляризации* $\mathbf{P}^r$:

$$\begin{Bmatrix}\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^r\\ \dot{\mathbf{P}}^r\end{Bmatrix}=\sum_{I=1}^{M}\dot{c}_I\begin{Bmatrix}\boldsymbol{\varepsilon}_I^r\\ \mathbf{P}_I^r\end{Bmatrix}=\sum_{\alpha=1}^{N}\dot{f}_\alpha\begin{Bmatrix}\boldsymbol{\mu}_\alpha\gamma_\alpha\\ \mathbf{s}_\alpha P_\alpha\end{Bmatrix},\qquad(2)$$

(iii) *уравнения эволюции* функции скорости переключения $\dot{f}_\alpha$, введенной по аналогии с моделью вязко-пластичности:

$$\dot{f}_\alpha=\dot{f}_0\frac{G_\alpha}{G_c}\left|\frac{G_\alpha}{G_c}\right|^{n-1}\left(\frac{c_I}{c_0}\right)^m,\qquad(3)$$

(iv) выражение для *движущей силы* G_α:

$$G_\alpha=\boldsymbol{\sigma}\cdot\cdot\,\boldsymbol{\mu}_\alpha\gamma_\alpha+\mathbf{E}\cdot\mathbf{s}_\alpha P_\alpha+\boldsymbol{\sigma}\cdot\cdot\,\Delta^3\mathbf{d}\cdot\mathbf{E},\qquad(4)$$

где ${}^4\mathbf{S}_I^E, {}^3\mathbf{d}_I, \boldsymbol{\kappa}_I^\sigma$ – тензоры податливости, пьезоэлектрических коэффициентов, диэлектрической проницаемости, соответствующие I-му варианту доменов, N – количество возможных переключений α из I-ой системы в J-ую; $\boldsymbol{\mu}_\alpha$ и $\mathbf{s}_\alpha$ – тензор и вектор Шмидта для соответствующего перехода α; γ_α, P_α – сдвиг и инкремент поляризации при переходе из I-ой системы в J-ую; $\dot{f}_0$, G_c, n, m, c_0 – константы материала (n=10, m=1, c_0=0.01, $\dot{f}_0$=1).

В предположении об эквивалентности минимальной энергии необходимой для начала переключения в любом направлении для всех трех рассматриваемых фаз можно свести 9 параметров G_c к общему модельному параметру $\widetilde{G_c}$ [*8*], который принимается $\widetilde{G_c}$=0.5 МПа. Также ранее было показано [9], что для тетрагональной и ромбоэдрической фазы $\boldsymbol{\mu}_\alpha$ = (-0.5,-0.5, +1, 0, 0, 0). Для орторомбической фазы $\boldsymbol{\mu}_\alpha$ =(-1, 0.5-δ, 0.5+δ, 0, 0, 0), где параметр δ зависит от длины сторон решетки. Например, δ=0.25 для титаната бария. Это значение будет использоваться далее при рассмотрении модельных задач.

Другие параметры, зависящие от физических параметров кристаллической решетки – это P_α и γ_α, – спонтанная поляризация и деформация ячейки кристалла, возникающие при переходе из параэлектрической фазы в сегнетоэлектрическую. Варьирование этих параметров позволяет качественно влиять на результат в виде наличия или отсутствия максимумов остаточной поляризации и деформации при рассмотрении серии двухфазных композиций, например, в фазовом пространстве от орторомбической фазы к тетрагональной. Отметим, что наличие максимума в модельном эксперименте может соответствовать наличию МФГ в реальном материале при такой же фазовой комбинации.

Была решена серия модельных краевых задач о нагружении кубического представительного объема поликристалла, разбитого на 8 конечных элементов переменным пилообразным электрическим полем с амплитудой E = 2 МВ/м и частотой f = 0.025 Гц. На рис. 2 представлены выборочные результаты конечно-элементного моделирования в виде серии кривых зависимости остаточной поляризации (рис. 2а,в,д) и остаточной деформации (рис. 2б,г,е) от концентрации c_{TETR} (для материала состоящего из тетрагональной и ромбоэдрической или орторомбической фазы – рис. 2в-е) и c_{RHOMB} (для материала состоящего

из ромбоэдрической и орторомбической фазы – рис. 2а,б) при различных значениях спонтанной деформации ячейки γ_α^{TETR}, γ_α^{RHOMB}, γ_α^{ORTH} меняющихся в диапазоне 0,2–0,6%.

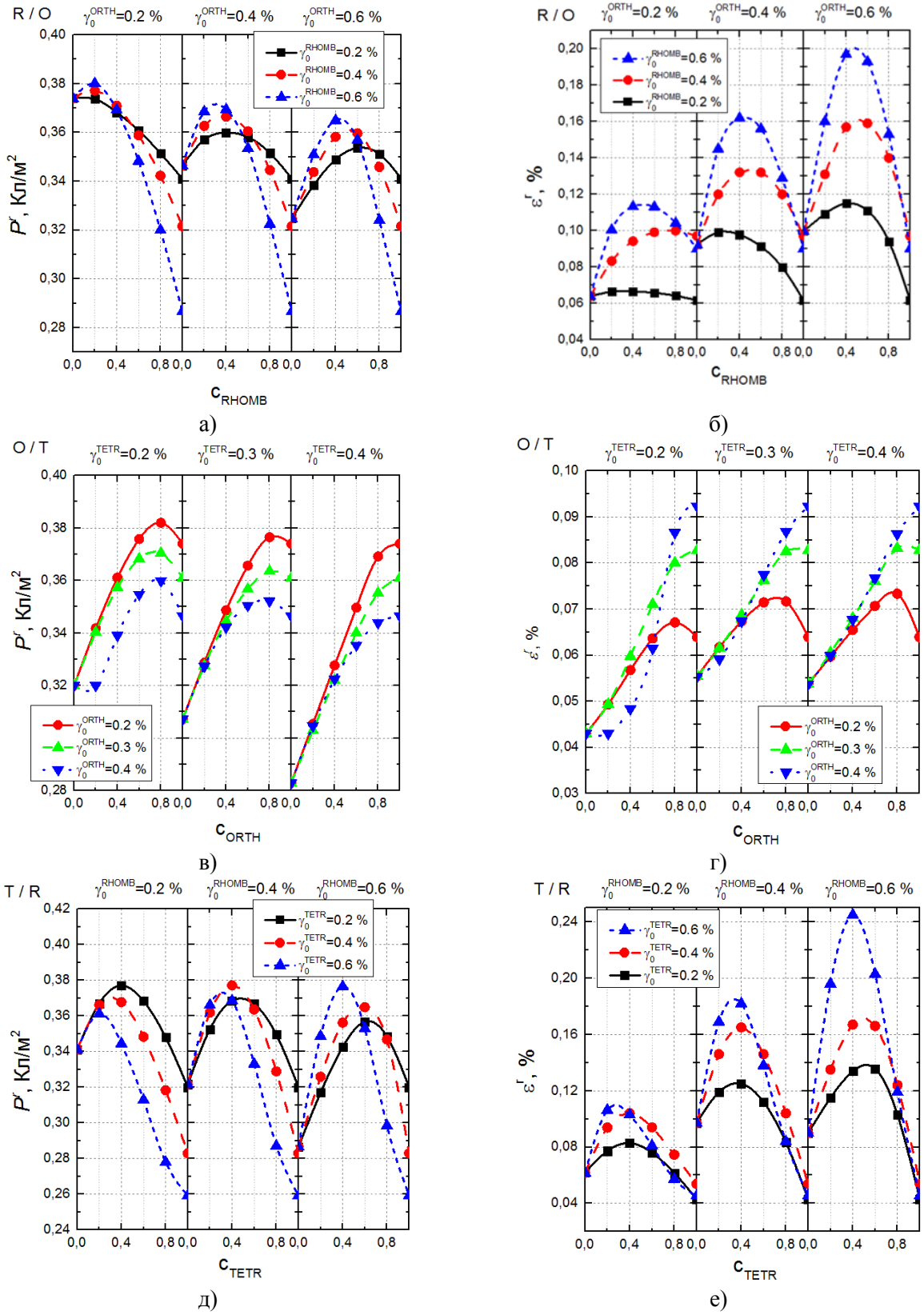


Рис. 2. Влияние спонтанных деформаций на наличие экстремумов остаточной поляризации и деформации для двухфазных композиций из ромбоэдрической и орторомбической (а, б), орторомбической и тетрагональной (в, г), тетрагональной и ромбоэдрической (д, е) фаз

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для всех рассмотренных случаев двухфазных сегнетоэлектроупругих материалов в зависимостях $\varepsilon^r(c_{\text{PHASE}}, \gamma_0^{\text{Phase_1}}, \gamma_0^{\text{Phase_2}}, P_0^{\text{Phase_1}}, P_0^{\text{Phase_2}})$ и $P^r(c_{\text{PHASE}}, \gamma_0^{\text{Phase_1}}, \gamma_0^{\text{Phase_2}}, P_0^{\text{Phase_1}}, P_0^{\text{Phase_2}})$ существуют диапазоны $\gamma_0^{\text{Phase_1}}$ и $\gamma_0^{\text{Phase_2}}$, где возникают локальные максимумы в середине интервалов c_{PHASE}.

Для материалов, где сосуществует *ромбоэдрическая и орторомбическая* фазы (рис. 2а, б) увеличение спонтанной деформации орторомбической фазы γ_0^{ORTH} ведет к уменьшение максимума остаточных поляризаций (см. табл. 1) и смещению его в сторону большего содержания ромбоэдрической фазы (от c_{RHOMB}=0.4 к c_{RHOMB}=0.6) и одновременному росту максимума остаточных деформаций.

Таблица 1. Влияние спонтанной деформации на остаточную поляризацию и деформацию для двухфазных смесей

R/O	$\gamma_0^{\text{ORTH}}\uparrow$	$\downarrow P^r$	$\uparrow \varepsilon^r$
	$\gamma_0^{\text{RHOMB}}\uparrow$	$\uparrow P^r$	$\uparrow \varepsilon^r$
O/T	$\gamma_0^{\text{TETR}}\uparrow$	$\downarrow P^r$	$\uparrow \varepsilon^r$
	$\gamma_0^{\text{ORTH}}\uparrow$	$\downarrow P^r$	$\uparrow \varepsilon^r$
T/R	$\gamma_0^{\text{RHOMB}}\uparrow$	$\downarrow\uparrow P^r$	$\uparrow \varepsilon^r$
	$\gamma_0^{\text{TETR}}\uparrow$	$\downarrow\uparrow P^r$	$\uparrow \varepsilon^r$

Увеличение спонтанной деформации ромбоэдрической фазы γ_0^{RHOMB} ведет к заметному уменьшению остаточной поляризации чисто ромбоэдрического материала (c_{RHOMB}=1), что практически не сказывается на поведении двухфазного материала (c_{RHOMB} <0.8). При этом увеличение γ_0^{RHOMB} ведет к ощутимому росту максимума остаточной деформации.

Для материалов, где сосуществует *тетрагональная и орторомбическая* фазы (рис. 1в, г) максимум остаточной деформации достигается при максимальной спонтанной деформации орторомбической фазы γ_0^{ORTH} и максимальном содержании орторомбической фазы в материале (c_{TETR}=0.0). При этом остаточные поляризации уменьшаются. Однако при малых γ_0^{ORTH} может наблюдаться локальный максимум остаточных деформаций в середине c_{TETR}=0.2–0.6. При этом для остаточных поляризаций чем меньше γ_0^{ORTH}, тем больше абсолютный максимум (в середине c_{TETR}=0.2–0.5).

Увеличение спонтанной деформации тетрагональной фазы γ_0^{TETR} ведет к уменьшению остаточной поляризации и увеличению остаточной деформации в чисто тетрагональном материале (c_{TETR}=1.0), но на свойства смеси, где тетрагональной фазы меньше 70%, влияет слабо.

Можно говорить о целесообразности композиции тетрагональной и орторомбической фаз только в случае сравнительно малых значений спонтанных деформаций кристаллов чистых фаз.

Наибольшие значения остаточных поляризаций и деформаций были получены при моделировании материалов с порядка 40% *тетрагональной* и 60% *ромбоэдрической* фазы (рис. 1 д, е). Характерно одновременное достижение обоих максимумов при такой композиции (c_{TETR}=0). При этом одновременное увеличение обеих величин спонтанной деформации ячейки γ_0^{TETR}, γ_0^{RHOMB} приводит к заметному росту максимума остаточной деформации, хотя и мало влияет на смещение максимума остаточной поляризации.

Этот пример еще более наглядно, чем случай материала с содержанием ромбоэдрической и орторомбической фаз (рис. 1а, б), иллюстрирует целесообразность использования фазовых композиций и двухфазных материалов в силу возникновения качественно новых эффектов. Если увеличение спонтанной деформации γ_0 в рассмотренных пределах (от 0.2% до 0.6%) ведет к увеличению ε^r на 60% для ромбоэдрической и 30% для тетрагональной фазы, то такое же увеличение спонтанных деформаций для двухфазного материала дает увеличение остаточной деформации на величину порядка 300%.

Эффект композиции, заключающийся в повышении остаточной поляризации P^r и деформации ε^r у смеси в сравнении с чистыми фазами, наблюдается для всех рассмотренных вариантов двухфазных смесей. Однако его наличие и сила чувствительны к значениям спонтанной деформации фаз γ_0 (рис. 2). Во всем диапазоне изменения рассматриваемых параметров γ_0 он наблюдается только у смеси ромбоэдрической и тетрагональной фаз T/R (табл. 2).

Таблица 2. Наличие максимумов остаточной поляризации и деформации для двухфазных смесей

	P^r		ε^r	
	max внутри области $0 < c_{\max} < 1$	max на границе области $c_{\max} = 0$ или $c_{\max} = 1$	max внутри области $0 < c_{\max} < 1$	max на границе области $c_{\max} = 0$ или $c_{\max} = 1$
R/O	✓	✓	✓	-
O/T	✓	✓	✓	✓
T/R	✓	-	✓	-

Полученные в процессе микромеханического конечно-элементного моделирования двухфазные композиции, дающие заметный рост физических параметров сегнетоэлектро-упругого материала можно рассматривать как соответствующие физически полученным материалам, существующим в окрестности МФГ. И обратно, полученные модельным путем закономерности можно использовать для предсказания эффекта наличия МФГ в реальных материалах, зная заранее параметры решетки отдельных сегнетоэлектрических фаз, входящих в исследуемый материал.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 19-08-01252).

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов А.С., Лобанов С.М. Моделирование реономного поведения сегнетоэлектроупругих материалов при циклическом нагружении // Журнал Технической Физики, В. 10, т. 88. – СПб., 2018. – С. 1526–1532.

2. Rödel J., Jo W., Seifert K., Anton E., Granzow T. Perspective on the Development of Lead-free Piezoceramics // J. Am. Ceram. Soc. 2009. V. 92. N. 6. P. 1153–1177.

3. Huber J.E., Fleck N.A., Landis C.M., McMeeking R.M. A constitutive model for ferroelectric polycrystals // J. Mech. Phys. Solids. 1999. 47. P. 1663–1697.

4. Семенов А.С., Бальке Х., Мельников Б.Е. Моделирование поликристаллической пьезокерамики методом конечно-элементной гомогенизации // Морские интеллектуальные технологии. – 2011. – № 3. – С. 109–115.

5. Семенов А.С. Вычислительные методы в теории пластичности // Изд-во СПбГПУ, 2008. – 211 с.

6. Semenov A.S., Liskowsky A.C., Balke H. Return mapping algorithms and consistent tangent operators in ferroelectroelasticity // International Journal for Numerical Methods in Engineering. 2010, vol. 81. P. 1298–1340.

7. Семенов А.С. PANTOCRATOR – конечноэлементный программный комплекс, ориентированный на решение нелинейных задач механики // Труды V-ой Межд. конф. "Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения". – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – С. 466–480.

8. Lobanov S.M., Semenov A.S. Finite-element modeling of ferroelectric material behavior at morphotropic phase boundaries between tetragonal, rhombohedric and orthorhombic phases // J. Phys.: Conf. Ser. – 2019. – V. 1236. – 012062.

9. Лобанов С.М., Семенов А.С. Конечно-элементное моделирование гистерезисного поведения бессвинцовых сегнетоэлектриков при циклическом нагружении вблизи морфотропных фазовых

границ // Труды Восьмого Межд. междисциплинарного молодежного симпозиума «Физика бессвинцовых пьезоактивных и родственных материалов». – 2019. – Том. 1. – С. 296–300.

УДК 538.911, 535-34

Ж.В. Гудкина[1,2], М.Ю. Гуткин[1,3,4]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2]Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе,
[3]Институт проблем машиноведения РАН,
[4]Университет ИТМО

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ И МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН ПОПЕРЕЧНОГО СДВИГА В ДЕНТИНЕ

Дентин – это грубоволокнистая костная ткань, которая составляет основную массу зуба. Его микроструктура относится к природным иерархическим композитам с тремя основными масштабными уровнями [1]. Первый уровень состоит из коллагеновых волокон и нанокристаллов гидроксиапатита кальция, заполняющих пространство между ними. Второй уровень представлен сетью коллагеновых волокон в межтрубочковом дентине. Волокна коллагенового полотна ориентированы случайным образом в плоскости, перпендикулярной к направлению дентинных каналов. Третий уровень включает в себя микроканалы – вытянутые микрополости диаметром 3–5 мкм, располагающиеся на расстоянии примерно 10 мкм друг от друга, окруженные перитубулярным и интертубулярным дентином. По этим каналам в живом зубе циркулируют кровь и дентинная жидкость, питающие тело зуба.

Механические свойства дентина исследуются уже более ста лет, и в последние годы внимание к ним еще более выросло [1–5]. В частности, большой интерес вызывает изучение поведения дентина при разрушении и распространении в нем трещин [2, 3, 5, 6].

Хорошо известно [2, 7], что в результате испытаний на одноосное сжатие в образцах дентина появляются трещины, которые распространяются с поверхности в объем образца. Примеры экспериментального наблюдения таких трещин приведены на рис. 1 и 2.

Изображения на рис. 1 и 2 были построены в программе Amira V5.4 на основе экспериментальных данных по микротомографии на источнике синхротронного излучения 3-го поколения в г. Поханге, Южная Корея (подробнее см. [7]), полученных Т.С. Аргуновой (ФТИ им. А.Ф. Иоффе). Отметим, что на рис. 2a верхняя (1) и нижняя (2) трещины изгибаются вокруг областей, разделенных расстоянием либо равным 10 мкм, либо кратным 10 мкм. При этом, 10 мкм – это обычное расстояние между дентинными каналами. На рис. 2b видны изменения, которые происходят в разных сечениях магистральной трещины. В частности, видно формирование вторичных (сателлитных) трещин.

Отклонение трещин от плоскости действия максимальных напряжений и их взаимодействие с микроканалами в дентине ранее неоднократно наблюдалось на эксперименте, однако количественного теоретического описания этих явлений до сих пор представлено не было.

Цель работы. Целью работы было построение качественной и количественной теоретических моделей, объясняющих экспериментально наблюдаемое распространение магистральной трещины поперечного сдвига по дентинным каналам и образование сателлитных трещин.

Рассмотрим сначала качественную теоретическую модель, которая объясняет, в первом приближении, причины образования вторичных (сателлитных) трещин в дентине при одноосном сжатии (рис. 3).

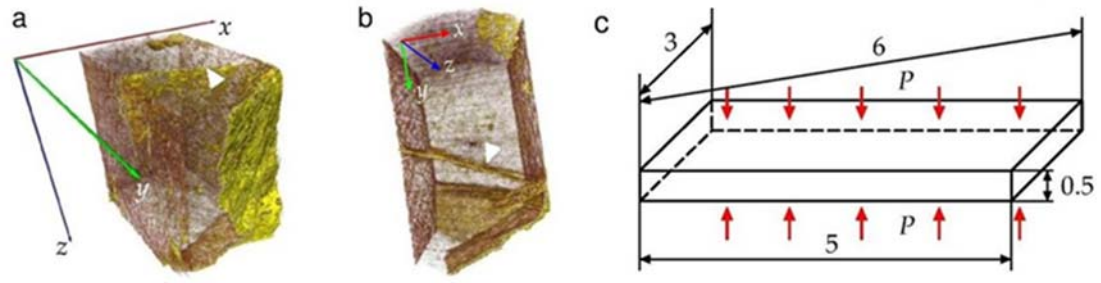


Рис. 1. (a, b) 3D изображения образцов дентина после испытаний на одноосное сжатие вдоль оси x. Белый маркер показывает плоскость трещины. (c) Схема нагружения плоского образца, размеры которого указаны в миллиметрах

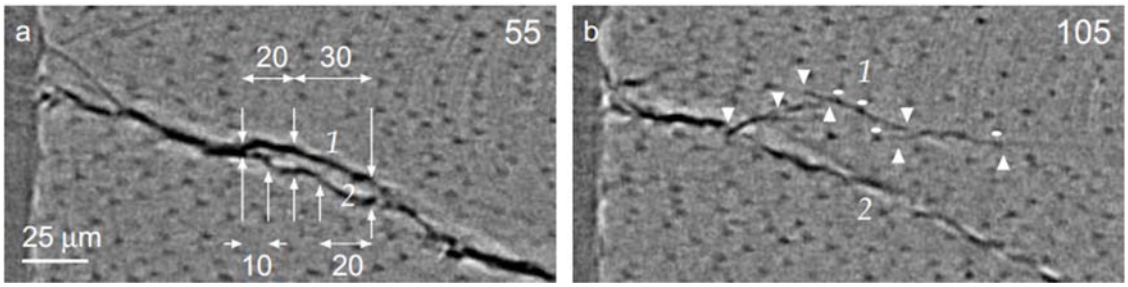


Рис. 2. Рентгеновские томограммы, полученные для образца дентина с трещинами. Поперечные сечения микроканалов выглядят как темные пятна. (a) Сечение магистральной трещины, которая начинается от края образца и разветвляется на две составляющие: 1 и 2. (b) Другое сечение той же трещины, удаленное на 50 мкм от первого. Из работы [7]

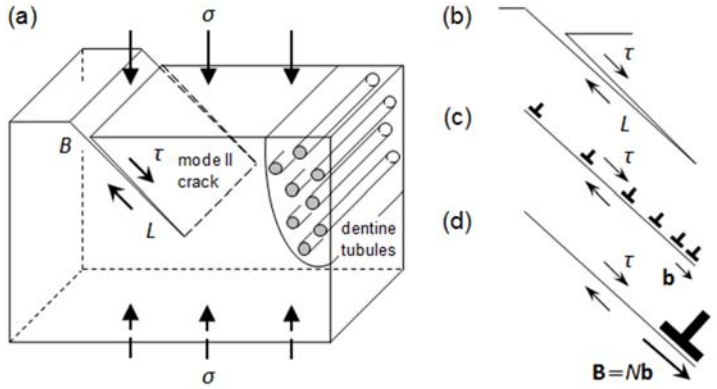


Рис. 3. Схема раскрытия трещины поперечного сдвига в плоском образце дентина при одноосном сжимающем напряжении σ. (a, b) Трещина образуется на «верхней» поверхности образца и распространяется на расстояние L под действием сдвигового напряжения τ в плоскости, параллельной средней ориентации дентинных канальцев и наклоненной к поверхности образца. (c) Трещина моделируется соответствующим скоплением N краевых дислокаций с вектором Бюргерса **b**. (d) Скопление N дислокаций моделируется супердислокацией с вектором Бюргерса $\mathbf{B} = N\mathbf{b}$

Для анализа напряженного состояния у вершины трещины удобно использовать ее дислокационную модель (рис. 3), которая представляет собой скопление N краевых дислокаций с вектором Бюргерса **b** [8]. Число N дислокаций в таком скоплении определяется значениями сдвигового напряжения τ и длины трещины L [8]: $N = \pi(1-\nu)L\tau/Gb$, где ν – коэффициент Пуассона, G – модуль сдвига и $b = |\,\mathbf{b}\,|$. В рассматриваемом случае модули упругости ν и берутся в смысле осредненных эффективных упругих постоянных пористого материала с однонаправленной упаковкой длинных цилиндрических пор. В первом приближении скопление N дислокаций может быть смоделировано как краевая супердислокация (рис. 3d) с вектором Бюргерса $\mathbf{B}=N\mathbf{b}$ с величиной $B = \pi(1-\nu)L\tau/G$ (равной

высоте ступеньки на поверхности в месте появления трещины, см. рис. 3a). В этом случае можно качественно изобразить напряженное состояние вокруг вершины трещины с помощью хорошо известного поля напряжений краевой дислокации в бесконечном упругоизотропном теле.

На рис. 4a схематично показана модель заторможенной магистральной трещины поперечного сдвига в плоскости, параллельной дентинным каналам, под действием удаленного сдвигового напряжения τ. Напряженное состояние в вершине трещины в первом приближении моделируется краевой супердислокацией с эффективным вектором Бюргерса величиной B. Вблизи вершины трещины схематично показаны знаки действующих там нормальных и сдвиговых (τ_{cr}) напряжений. Исходя из этой схемы, можно предложить несколько вариантов раскрытия вторичных трещин в направлениях, отличных от направления роста начальной трещины. Предполагается, что образование вторичных трещин происходит в дентинных каналах рядом с вершиной трещины (рис. 4b–4d), в областях «перед» и «под» супердислокацией. Зеленые краевые супердислокации схематично изображают составляющую простого отрыва в образующихся сателлитных трещинах.

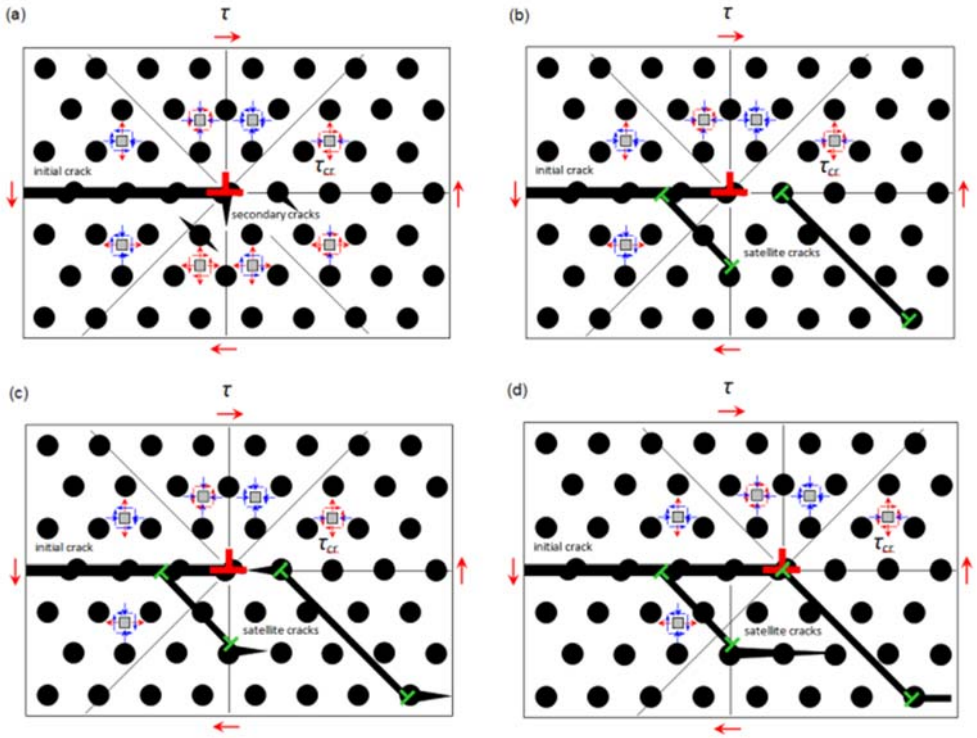


Рис. 4. Схемы возможного зарождения вторичных трещин у вершины начальной трещины (a) и их дальнейшего превращения в сателлитные трещины (b)–(d). Предполагается, что вторичные трещины раскрываются на концентраторах напряжений – на дентинных каналах (ДК) – в местах действия наибольших растягивающих напряжений. Поэтому рассматривается зарождение вторичных трещин на ДК, ближайших к вершине начальной трещины, в областях «перед» и «под» супердислокацией

Оценим количественно возможность образования вторичных трещин на дентинных каналах у вершины магистральной трещины. Для этого рассмотрим пять полостей, которые находятся под углами 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° к линии, которая служит продолжением направления распространения магистральной трещины, и отстоят от ее вершины (краевой супердислокации) на расстояние от 7 до 13 мкм (рис. 5a). Нас будут интересовать окружные напряжения на поверхности каналов, обусловленные присутствием рядом с ними краевой супердислокации. Для их расчета воспользуемся схемой (рис. 5b) и формулами из работы [9]. В результате получим напряжения в произвольной точке в системе координат, связанной с

положением супердислокации относительно центра поры (рис. 5b), а затем найдем окружные напряжение $\sigma_{\theta\theta}$ на контуре поры в полярной системе координат с началом в ее центре.

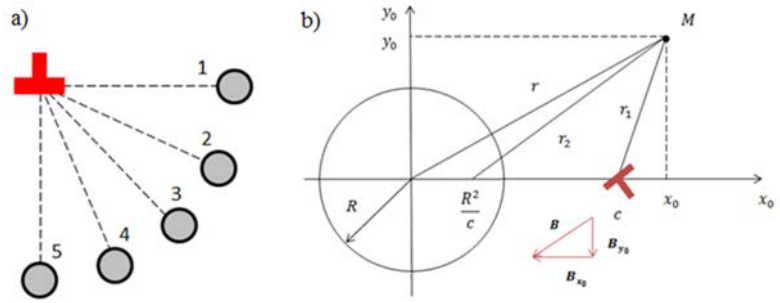


Рис. 5. (a) Схема расположения каналов 1–5, ближайших к вершине трещины (к супердислокации). (b) Положение и ориентация супердислокации вблизи поры в повернутой системе координат

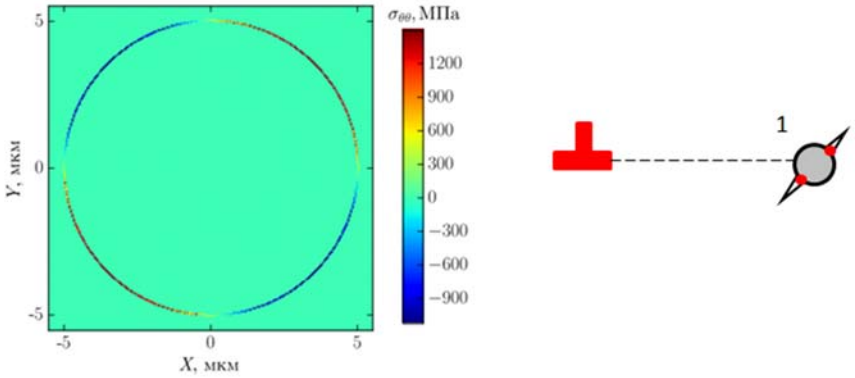


Рис. 6. Распределение окружных напряжений на поверхности канала 1 радиусом R = 5 мкм, отстоящего от вершины трещины на расстояние c = 7 мкм под углом 0º

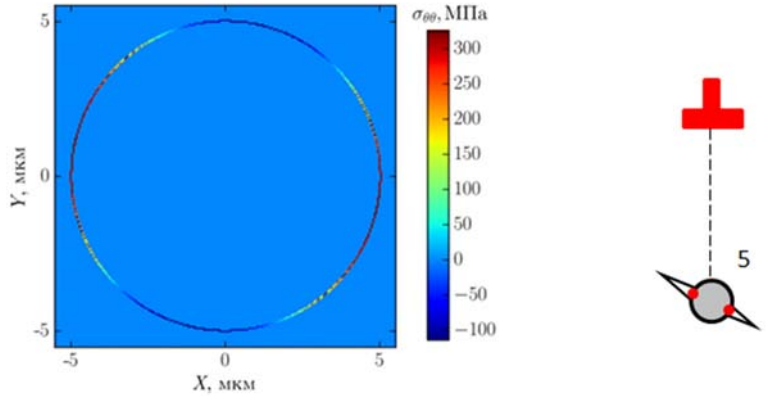


Рис. 7. Распределение окружных напряжений на поверхности канала 5 радиусом R = 5 мкм, отстоящего от вершины трещины на расстояние c = 7 мкм под углом 90º

Результаты. На основе полученных аналитических расчетов были построены распределения окружных напряжений для дентинных каналов 1 и 5 радиусом $R = 5$ мкм. На рис. 6 и 7 приведены распределения $\sigma_{\theta\theta}$ $(r = R, \theta)$ соответственно для каналов 1 и 5, удаленных на расстояние $c = 7$ мкм от дислокации, моделирующей вершину трещины (рис. 5b). На этих распределениях видны области максимальных и минимальных напряжений, выделенные соответственно темно-красным и темно-синим цветом. На схемах справа показаны положения канала относительно дислокации в каждом из приведенных случаев, красными точками на

контуре канала показаны положения максимумов растягивающих окружных напряжений. Здесь же схематично намечены места и направления раскрытия сателлитных трещин.

Для тех каналов, которые находятся ближе всего к вершине трещины на расстоянии 7 мкм, растягивающее напряжение достигает чрезвычайно высоких значений около 1,5 ГПа (рис. 6) при величине удаленного напряжения сжатия 370 МПа. Такого растягивающего напряжения более чем достаточно для образования вторичных (сателлитных) трещин в образце дентина с характерным модулем Юнга около 2 ГПа, в случае испытания на сжатие для d/h =12 [2]. Это объясняет наблюдаемое на эксперименте образование сателлитных трещин по одну сторону от плоскости раскрытия магистральной трещины. Действительно, как следует из приведенных выше расчетов, сателлитные трещины должны раскрываться преимущественно «перед» и «ниже» супердислокации в секторе с углом раствора порядка 90º, в котором максимальные значения растягивающих окружных напряжений варьируются от примерно 300 до 1500 МПа, что для данной формы образца составляет очень большие величины порядка $G/7–G/1.3$.

Зная, где на поверхности ближайших к вершине трещины каналов находятся максимальные растягивающие окружные напряжения, можно предсказать места и направления раскрытия сателлитных трещин. На качественном уровне это сделано на рис. 4. Проведенные численные расчеты подтверждают предсказанные направления раскрытия сателлитных трещин (рис. 6 и 7), которые соответствуют экспериментальным данным.

Выводы. Предложены качественная и количественная теоретические модели, объясняющие экспериментально наблюдаемое распространение магистральной трещины поперечного сдвига по дентинным каналам и образование сателлитных трещин. Проведенный теоретический анализ подтверждает сделанное на основе экспериментальных наблюдений заключение, что процесс раскрытия трещины в дентине состоит в последовательном продвижении ее вершины от одного канала к другому в плоскости действия максимальных локальных растягивающих напряжений и сопровождается раскрытием сателлитных трещин вблизи вершины заторможенной магистральной трещины. На поверхности дентинных каналов, расположенных в окрестности вершины заторможенной магистральной трещины, действуют растягивающие окружные напряжения, достаточные для образования сателлитных трещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.H. Kinney, S.J. Marshall, G.W. Marshall. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature // Crit. Rev. Oral. Biol. Med. – 2003. – V. 14. – N 1. – P. 13–29.

2. Д.В. Зайцев, С.С. Григорьев, П.Е. Панфилов. Природа прочности дентина и эмали зубов человека – Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2017. – 173 с.

3. E.N. Borodin, M.Yu. Gutkin, K.N. Mikaelyan, P. Panfilov. Theoretical model of plastic zone at the I-mode crack tip in dentin // Scripta Materialia. – 2017. – V. 133. – P. 45–48.

4. S. Seyedkavoosi, D. Zaytsev, B. Drach, P. Panfilov, M.Yu. Gutkin, I. Sevostianov. Fraction-exponential representation of the viscoelastic properties of dentin // Intern. J. Eng. Sci. – 2017. – V. 111. – N. 1. – P. 52–60.

5. И.Н. Бородин, S. Seyedkavoosi, Д.В. Зайцев, B. Drach, К.Н. Микаелян, П.Е. Панфилов, М.Ю. Гуткин, I. Sevostianov. Вязкоупругость и механизмы пластичности дентина зубов человека // ФТТ. – 2018. – Т. 60. – № 1. – С. 118–126.

6. D. Zaytsev, P. Panfilov. Deformation behavior of human dentin in liquid nitrogen: A diametral compression test // Mater. Sci. Eng. C. – 2014. – V. 42, № 9. – P. 48–51.

7. Z.V. Gudkina, T.S. Argunova, M.Yu. Gutkin. Nondestructive 3D-evaluation of human dentin by microtomography using synchrotron radiation // J. Phys.: Conf. Ser. – 2019. – V. 1410. – In press.

8. Дж. Хирт, Й. Лоте. Теория дислокаций. – М.: Атомиздат, 1972. – 600 с.

9. J. Dundurs, T. Mura. Interaction between an edge dislocation and a circular inclusion // J. Mech. Phys. Solids. – 1964. – V. 12. – P. 177–189.

УДК 534.1

В.С. Игумнова, Л.В. Штукин, А.В. Лукин, И.А. Попов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛОЖЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ И ДИНАМИКА МИКРОРЕЗОНАТОРА

Одной из развивающихся отраслей механики в настоящее время является область микро- и нано- электромеханических систем [1]. Их возможное применение — это создание качественно новых управляющих систем, систем связи и других устройств, которые сулят большие преимущества перед существующими. МЭМС имеет широкий спектр применения: автомобильная электроника, компьютерная техника, бытовые устройства, медицинская и спортивная техника и т.д. Одним из широко применяемых устройств являются микрорезонаторы, которые можно использовать в качестве датчиков массы, силы, деформации и датчиков давления, а также в качестве электрометра [2, 3]. Преимущества микрорезонаторов состоит в том, что они имеют достаточно малые размеры, работают на высоких частотах, имеют огромную добротность, также имеют малую активную массу и малую поглощаемую мощность. Существуют работы, посвященные изучению устойчивости и динамики стержня, сжатого продольной силой [4, 5]. Дальнейшим путем развития данной тематики является разработка связанных МЭМС резонаторов, в которых используется более чем один чувствительный элемент. Основательный обзор применения данных резонаторов приведен в [6].

Целью и задачей данной работы является аналитическое и численное исследование динамики микрорезонатора при закритическом сжатии. Данная работа посвящена повышению точности работы микрорезонатора, как датчика силы.

Конструкция. Микрорезонатор состоит из упругого элемента в виде балки, расположенной между неподвижными электродами. Один из концов балки жестко защемлен, а другой упруго закреплен в продольном направлении (рис. 1). Продольным перемещением упругого закрепления создается продольная сила в упругом элементе микрорезонатора.

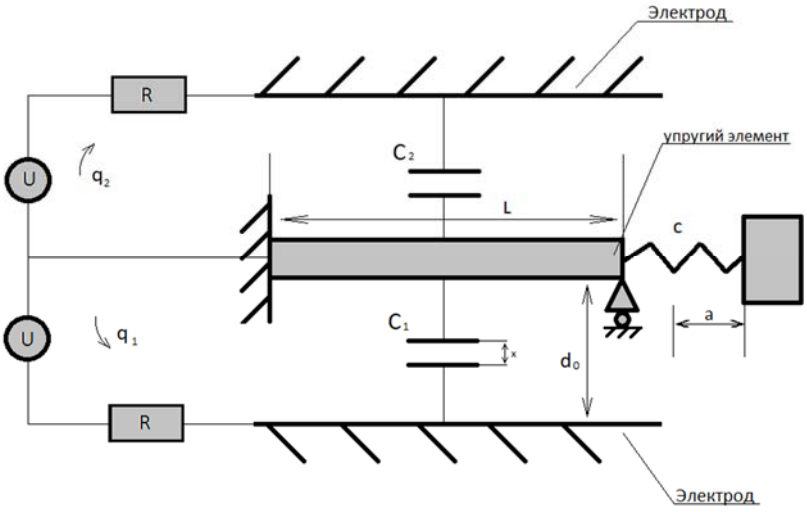


Рис. 1. Электромеханическая система

Уравнение изгибных колебаний с учетом электростатических сил:

$$EI\frac{d^4w}{dx^4} + P\frac{d^2w}{dx^2} + \rho S\ddot{w} = F_э(w). \quad (1)$$

Рассматриваем случай, когда сила создается за счет механизма, показанного на рис.1. В данной ситуации учтем, что при изгибе балки произойдет ее малое удлинение. Используем

метод Галеркина, оставляя в разложении только одно слагаемое и вводя безразмерные параметры, придем к следующему уравнению:

$$\xi'' + 2n\xi' + (1-\alpha)\xi + \gamma\xi^3 - \beta^2\eta_1^2\frac{1}{(1-\xi)^2} + \beta^2\eta_2^2\frac{1}{(1+\xi)^2} = 0, \qquad (2)$$

где ξ – безразмерный прогиб, η_1, η_2 – безразмерные напряжения на конденсаторах, α – сжимающая сила, $\beta^2 = \frac{1}{2}\frac{C_0U^2}{md_0^2\lambda^2}$ – отношение энергии электрического поля к максимальной энергии колебаний при амплитуде, равной полному зазору.

Рассмотрим динамику микрорезонатора в случае, когда поле действует в обоих зазорах. Бифуркационная диаграмма системы показана на рис. 2.

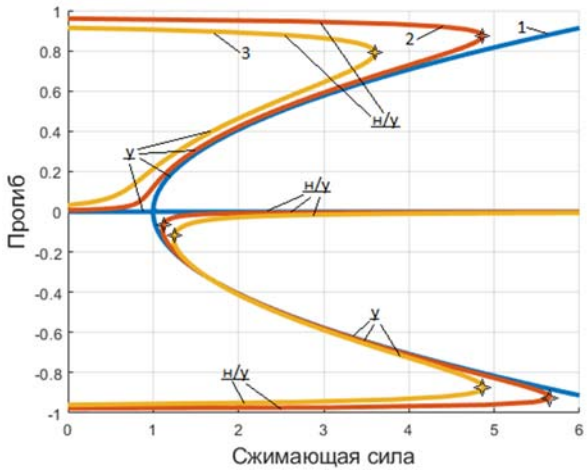


Рис. 2. Бифуркационная диаграмма

Как видно из рис. 2, существуют три новых критических значения силы, отличных от силы Эйлера, полученной в отсутствии поля. В зависимости от сжимающей силы возможны одно, три или пять положений равновесия с чередованием устойчивых и неустойчивых.

Амплитудно-частотная характеристика системы (рис. 3) получена с помощью метода продолжения по параметру с использованием MATCONT (пакет в среде MATLAB).

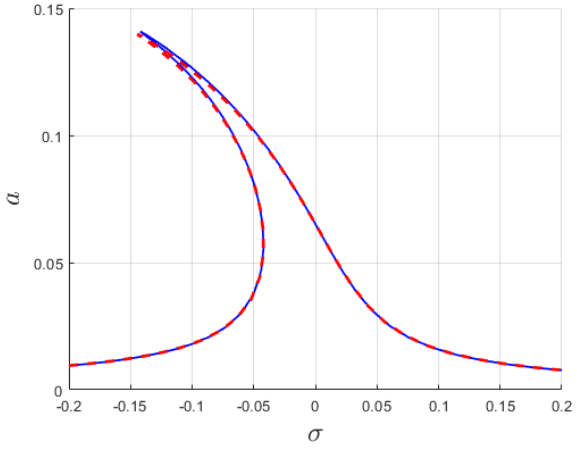


Рис. 3. АЧХ системы в поле двух электродов

Из рис. 3 видно, что АЧХ имеет мягкую характеристику, также наблюдается явление срыва.

В автоколебательном режиме система уравнений в безразмерном виде имеет вид:

$$\begin{cases} \ddot{\xi} + 2n\dot{\xi} + (1-\alpha)\xi + \gamma\xi^3 - \beta^2\eta_1^2\frac{1}{(1-\xi)^2} + \beta^2\eta_2^2\frac{1}{(1+\xi)^2} = 0 \\ v_0\frac{2}{\pi}arctg\left(\frac{\pi}{2}K(1-\eta_2)\right) + \delta_0\left(\frac{1}{1-\xi}\dot{\eta_1} - \frac{1}{(1-\xi)^2}\eta_1\dot{\xi}\right) + \eta_1 = 1, \\ \delta_0\left(\frac{1}{1+\xi}\dot{\eta_2} - \frac{1}{(1+\xi)^2}\eta_2\dot{\xi}\right) + \eta_2 = 1 \end{cases} \quad (3)$$

где $\delta_0 = RC_0\lambda = 2\pi\frac{RC_0}{T}$ – отношение постоянной времени заряда конденсатора к периоду собственной частоты, v_0 – отношение уровня ограничения выходного сигнала усилителя к величине напряжения источников постоянной э.д.с., K – коэффициент усиления.

Численно интегрируя систему (3) при различных параметрах системы, получим осциллограммы колебаний (рис. 4).

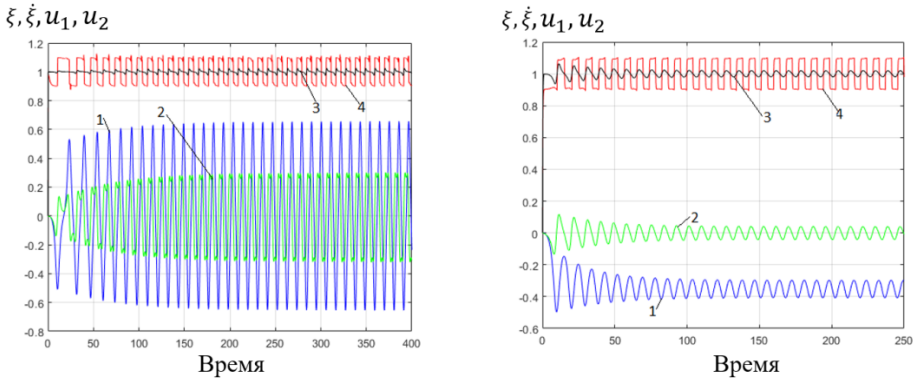


Рис. 4. Осциллограмма колебаний

Из рис. 4 видно, что колебания могут происходить с большой амплитудой (вокруг трех положений равновесия) и с малой амплитудой (вокруг одного положения равновесия)

Была построена зависимость частоты колебаний от сжимающей силы вблизи критического значения. Было проведено сравнение численного интегрирование системы уравнений с численным методом продолжения по параметру в MATCONT (рис. 5).

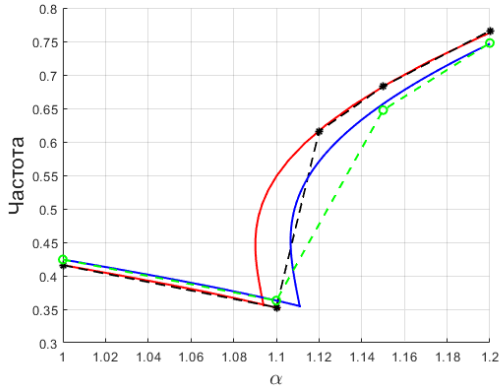


Рис. 5. Частота автоколебаний от сжимающей силы

Как видно из рис. 5, чувствительность датчика в закритической зоне будет выше, чем в докритической.

Логическим продолжением работы является исследование влияния форм друг на друга. Для этого в разложении по методу Галеркина было оставлено два слагаемых. В качестве внешней нагрузки берется тепловое воздействие. В итоге система уравнений движения в безразмерном виде имеет вид:

$$\begin{cases} \ddot{\xi}_1 + \big(1 - p(t)\big)\xi_1 + \gamma_{11}\xi_1^3 + \gamma_{12}\xi_1\xi_2^2 = 0 \\ \ddot{\xi}_2 + 16\left(1 - \frac{1}{4}p(t)\right)\xi_2 + \gamma_{12}\xi_1^2\xi_2 + \gamma_{22}\xi_2^3 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

В данной системе существуют следующие положения равновесия:

1) $\xi_1 = \xi_2 = 0$ – устойчиво при $p < 1$, неустойчиво при $p \geq 1$;

2) $\xi_1 = \pm\sqrt{\frac{p-1}{\gamma_{11}}}$, $\xi_2 = 0$ – устойчиво при $p \geq 1$;

3) $\xi_1 = 0, \xi_2 = \pm\sqrt{\frac{16(\frac{1}{4}p-1)}{\gamma_{22}}}$ – неустойчиво при $\frac{1}{4}p \geq 1$.

Потенциальная энергия имеет вид:

$$\Pi(\xi_1, \xi_2) = \frac{1}{2}(1-p)\xi_1^2 + \frac{1}{2}16(1-\frac{1}{4}p)\xi_2^2 + \frac{1}{4}\gamma_{11}\xi_1^4 + \frac{1}{4}\gamma_{22}\xi_2^4 + \frac{1}{2}\gamma_{12}\xi_1^2\xi_2^2. \quad (5)$$

График потенциальной энергии показан на рис. 6.

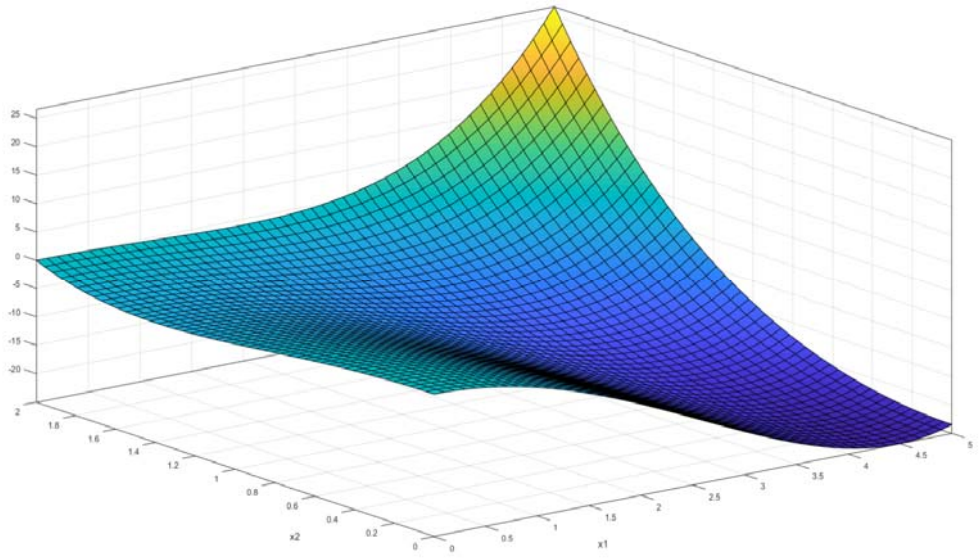


Рис. 6. Потенциальная энергия

По рис. 6 можно увидеть, сколько положений равновесия существует в системе, а также можно судить об устойчивости и неустойчивости этих положений равновесия.

Численно интегрируя систему уравнений (4) при различной тепловой нагрузке, получим осциллограмму колебаний (рис. 7).

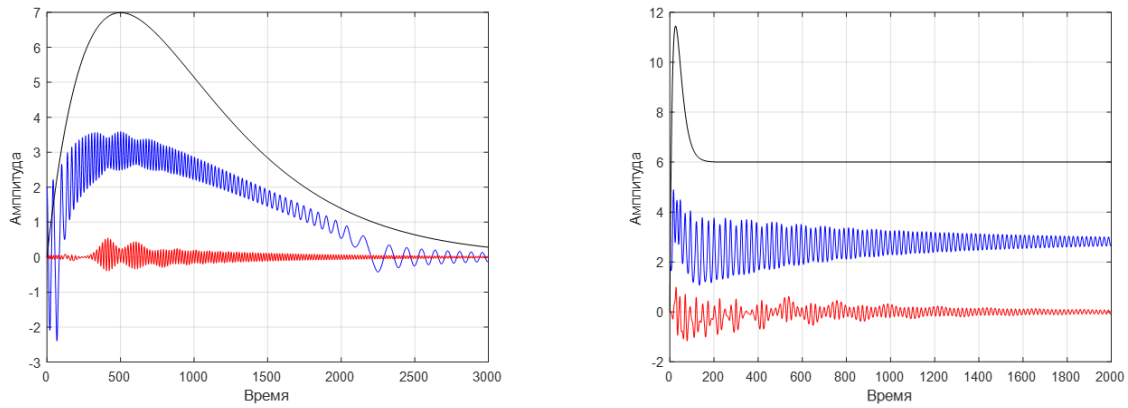


Рис. 7. Взаимодействие форм

Из рис. 7 видно наличие биений, что говорит о перекачке энергии с одной формы колебаний на другую.

Выводы. В работе предложена электромеханическая модель микрорезонатора с учетом изменения емкости конденсатора, возникающим при деформировании упругого элемента и с учетом нелинейных слагаемых в упругой характеристике балки. Для получения уравнения движения упругого элемента был использован метод Галеркина. Получены бифуркационные диаграммы и резонансные кривые при различном включении поля. Предложена схема положительной обратной связи для возбуждения автоколебательных режимов. Показано, что возможен режим колебаний как вокруг трех положений равновесия, так и вокруг одного и исследовано влияние сжимающей силы на частоту. Изучена устойчивость положений равновесия, а также показано взаимодействие первых двух форм.

Работа выполнена при поддержке РФФИ по гранту 17-01-00414.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Abdolvand, B. Bahreyni, Joshua E.-Y. Lee, F. Nabki. Micromachined Resonators: A Review. Micromachines 2016, 7, 160.

2. Rhoads, J.F., Shaw, S.W., Turner, K.L.: Nonlinear dynamics and its applications in micro- and nanoresonators. J. Dyn. Syst. Measur. Control 132, 034001 (2010).

3. S. Ilyas, F. Alfosail, M. Bellaredj, M. Younis. On the response of MEMS resonators under generic electrostatic loadings: experiments and applications. Springer. Nonlinear Dyn (2019) 95: 2263–2274.

4. Морозов Н.Ф., Товстик П.Е., Товстик Т.П. Устойчивость стержня при длительном осевом сжатии // Проблемы прочности и пластичности. 2015. Т. 77. № 1. С. 40–48.

5. Морозов Н.Ф., Товстик П.Е. Динамика стержня при продольном ударе // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2009, № 2. С. 105–111.

6. Chun Zhao, Mohammad H. Montaseri, Graham S. Wood, Suan Hui Pu, Ashwin A. Seshia, Michael Kraft. A Review on MEMS Coupled Resonators for Sensing Applications Utilizing Mode Localization, (2016), http://dx.doi.org/10.1016/j.sna.2016.07.015.

УДК 004.652.42, 004.657, 004.655.3:004.652.4

А.А. Пурий, С.Г. Попов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УПРАВЛЕНИЕ РЕПОЗИТОРИЕМ МЕТАДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ИНТЕГРАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ СУБД

Данные в независимых базах данных содержат описание объектов реального мира, при этом разные базы содержат различные аспекты описания одного и того же объекта. Совместная обработка данных затруднена, ввиду отсутствия единого представления данных об одном и том же объекте. Для объединения данных применяются прикладные программные средства, которые, извлекая данных из ранее независимых баз объединяют их программным кодом, однако такие программные продукты работают с заранее известными схемами данных и не позволяют получать данные из независимых баз с заранее неизвестной схемой [1]. Альтернативой такому подходу является разработка универсальных методов управления данными, расположенных в ранее независимых базах данных [2]. Технологически реализация такой задачи может быть выполнена созданием средств распределенной или централизованной обработки данных из гетерогенной среды множества СУБД. Решение этой задачи может быть обеспечено фиксацией взаимосвязи метаданных в ранее независимых базах путем формирования и сохранения новых сематнических связей, программно реализованных в форме новых связей по ключам.

В данный момент существуют средства, позволяющие интегрировать независимые СУБД, например, Apache Calcite [3] и Presto [4]. Оба этих программных продукта позволяют

выполнять SQL запросы к гетерогенным независимым источникам данных, но только Presto может выполнять интегрированные запросы. Calcite выполняет централизованную обработку запросов. Presto, поскольку он ориентируется на обработку больших потоков данных использует распределенный способ обработки в виде кластера, состоящего из Работников, управляемых Координатором. Метаданные оба средства получают непосредственно из источников при реализации каждого запроса, что отличает их от представленной в статье системы.

Целью работы является разработка схемы управления базой данных метаданных, позволяющая объединять распределенные гетерогенные СУБД в единую систему.

Реализация предложенных методов обеспечит возможность проверять семантическую корректность при выполнении запросов к интеграционной СУБД [5].

Интеграционная СУБД (ЦМ) является частью системы управления распределенными базами данных. Взаимодействие пользователя с системным репозиторием изображено на рис. 1. Такая система может выполнять запросы пользователя к различным базам данных на различных серверах, как будто все эти базы находятся на едином сервере.

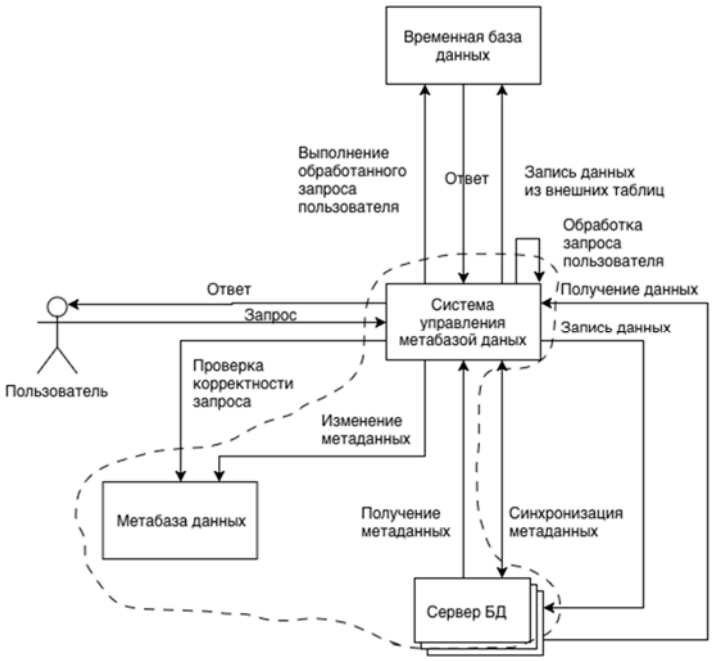


Рис. 1. Схема взаимодействия интеграционной компоненты СУБД

Типичными проблемами при интеграции гетерогенных СУБД являются выбор СУБД для сохранения и преобразование метаданных в репозитории. Основным критерием выбора СУБД для хранения метаданных является число типов СУБД, к которым относятся, например, реляционные или объектно-ориентированные. Проблема состоит в необходимости преобразования схем к типу СУБД репозитория метаданных. Проблема преобразования метаданных возникает не только в случае различия типов внешней СУБД и СУБД-репозитория, но и в случае, когда типы этих СУБД совпадают, что связано с особенностями технической реализации методов хранения и перечня метаданных, что требует, например, согласования типов атрибутов, так как каждая СУБД может иметь типы, не поддерживающиеся репозитории.

Процедура добавления нового описания метаданных внешней БД состоит из следующих шагов:

1. Выбор внешней СУБД для интеграции.
2. Подключение к СУБД.
3. Получение метаданных.

4. Преобразование метаданных и сохранение их в репозитории.
5. Формирование интеграционных связей.

Предложенный авторами подход в [5] к получению метаданных позволяет всегда обладать актуальной информацией о внутренней структуре внешней СУБД, но требует реализации дополнительной функции описания семантических связей между несколькими независимыми базами. Необходимость описания семантических связей диктуется требованием синтаксической проверки корректности интегрированных запросов.

Без проверки ответственность за согласованное семантическое объединение независимых баз ложится на составителя запроса. Указанные дополнительные связи по ключам, отражающие семантические связи между независимыми базами данных могут быть описаны только после обсуждения администраторами независимых СУБД, поскольку только они могут точно знать полную семантику своей СУБД и возможные связи с остальными СУБД.

Для разрешения проблемы хранения метаданных и обеспечения хранения семантических связей для независимых баз данных разработана схема базы данных метаданных, изображенная на рис. 2. Данная схема представляет собой иерархическую структуру, отображающую структуру реляционной базы данных с дополнительным уровнем – указанием сервера СУБД и данных для подключения. Соответственно подобная структура подходит для СУБД, модель хранения данных в которых может быть приведена к реляционной. Для хранения связей, как локальных внутренних для независимой СУБД, так и глобальных связей между независимыми СУБД.

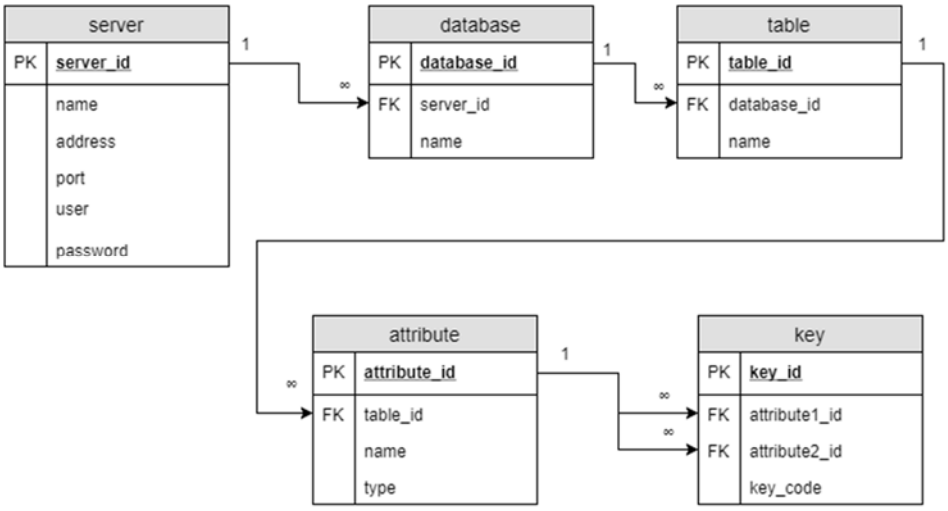


Рис. 2. Схема базы данных метаданных

Для получения метаданных из внешней СУБД выполняется следующий алгоритм:

1. получить список баз данных на сервере;
2. выбрать базу из списка;
3. создать запись в таблице баз данных в метабазе данных;
4. получить для этой базы список таблиц;
5. выбрать таблицу из списка;
6. создать запись в таблице таблиц в метабазе данных;
7. получить для этой таблицы список атрибутов;
8. создать записи в таблице атрибутов в метабазе данных;
9. пока в списке таблиц есть нерассмотренные таблицы повторить с п.5;
10. пока в списке баз данных есть нерассмотренные базы повторить с п.2;
11. получить список связанных ключей;
12. создать записи в таблице ключей в метабазе данных.

Работа алгоритма для получения метаданных рассмотрена на примере СУБД MySQL. Для получения необходимой метаинформации использовалась локальная база данных метаданных *information_schema*. Так как таблица *SCHEMATA* содержит в себе информацию о том, какие базы данных сущесвуют на сервере, список имен был получен запросом:

select SCHEMA_NAME from information_schema.SCHEMATA.

Информация о таблицах содержится в таблице TABLES. Каждая запись в этой таблице содержит как имя таблицы, так и имя базы данных, к которой эта таблица принадлежит. Запрос для получения имен таблиц, принадлежащих базе данных DB:

select TABLE_NAME from information_schema.TABLES where TABLE_SCHEMA='DB';

Информация об атрибутах содержится в таблице *COLUMNS*. Для получения атрибутов, принадлежащих таблице *TBL* из базы данных *DB*, нужно выполнить:

select COLUMN_NAME, DATA_TYPE from information_schema.COLUMNS
where TABLE_SCHEMA='DB' and TABLE_NAME='TBL';

Для получения информации о ключах нужно сделать запрос к таблице *KEY_COLUMN_USAGE*. Эта таблица содержит данные о внешних ключах и ключах, на которые ссылаются внешние ключи. Для того, чтобы извлечь информацию о внешних ключах, принадлежащих таблице TBL из базы данных DB, достаточно выполнить запрос:

```
select CONSTRAINT_NAME, TABLE_SCHEMA, TABLE_NAME,
        COLUMN_NAME, REFERENCED_TABLE_SCHEMA,
        REFERENCED_TABLE_NAME, REFERENCED_COLUMN_NAME
from information_schema.KEY_COLUMN_USAGE
where TABLE_SCHEMA='DB' and TABLE_NAME='TBL'
and REFERENCED_TABLE_SCHEMA is not null
```

Добавление ключей для интеграции с прочими базами данных осуществлялось аналогичным запросом, а значения ключей подставлялись из визуального интерфейса соединения ключей.

В результате работы предложен способ управления репозиторием метаданных в задаче интеграции распределенных гетерогенных СУБД. В качестве универсальной СУБД, к которой выполняется приведения внешних СУБД, выбрана реляционная СУБД. Составлена схема базы данных метаданных. Для способа получения метаданных из внешней СУБД приведен пример с СУБД MySQL.

Работа подготовлена в ходе реализации комплексного проекта в рамках Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Договор № 03.G25.31.0259 от 28.04.2017.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кропотин А.А., Ивашко А.Г. Реализация метода идентификации семантических конфликтов метаданных и несоответствия интегрируемых данных исходя из их семантического описания // Вестник ТюмГУ: Физикоматематическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2017. Т. 3. No 2. DOI: 10.21684/2411-7978-2017-3-2-115-127.

2. Sangkla K., Seresangtakul P. Information integration of heterogeneous medical database systems using metadata // 21st Internat. Computer Science and Engineering Conf. Bangkok, 2017. Pp. 1–5.

3. Begoli E. et al. Apache calcite: A foundational framework for optimized query processing over heterogeneous data sources // Proceedings of the 2018 International Conference on Management of Data. – ACM, 2018. – С. 221–230.

4. Документация высокопроизводительной системы выполнения распределенных запросов Presto // Режим доступа: https://prestosql.io/docs/current/optimizer/statistics.html (Дата обращения: 20.04.2019).

5. Попов С.Г., Пурий А.А. Исследование алгоритмов декомпозиции и выполнения запросов на выборку в гетерогенных системах управления реляционными базами данных // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2019. Т. 12, № 2. С. 50–67. DOI: 10.18721/JCSTCS.12205.

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ, НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

УДК 538.971, 538.955

А.И. Клевцов, А.В. Павлов, А.Б. Устинов, В.Н. Петров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО И ОБЪЕМНОГО МАГНЕТИЗМА

При создании устройств хранения и обработки информации можно использовать [1] не электрический заряд, а такую фундаментальную характеристику элементарных частиц, как спин. Спин – собственный момент импульса элементарной частицы, имеющий квантовую природу. Изучением явлений, связанных с этой характеристикой, созданием прикладных приборов занимается активно развивающаяся область современной электроники – спиновая электроника, спинтроника. В настоящее время идёт поиск эффективных материалов, проектируются и создаются спинтронные устройства [2, 3].

Для спинтроники важными являются магнитные свойства материалов, одним из которых является такая характеристика магнитного состояния макроскопических твёрдых тел, как намагниченность. Для создания устройств важно понимать, каким образом происходит изменение магнитных свойств при изменении температуры, какие физические процессы при этом происходят.

В научных работах магнитные свойства поверхности [4] и объема [5] рассматриваются, как правило, раздельно. Поэтому отдельный интерес представляет собой изучение поверхностного и объемного магнетизма одного и того же объекта с изменением глубины анализа применяемой методики.

Целью данной работы являлось экспериментальное измерение температурной зависимости поверхностного и объемного магнетизма монокристалла $FeNi_3$(110).

Измерение магнитных свойств вещества производилось методом спин-поляризованной спектроскопии вторичных электронов.

В ходе эксперимента измерялась поляризация вторичных электронов, эмитированных образцом при определённой температуре. Характерной глубиной анализа методов вторично-электронной спектроскопии можно считать длину свободного пробега электронов относительно неупругих соударений при заданной энергии [6, 7]. Таким образом, наблюдая за электронами разных энергий, можно изучать магнитные свойства поверхности или объёма образца.

Измерения проводились следующим образом: температура ферромагнитного монокристалла $FeNi_3$ шагами изменялась от комнатной до температуры, превышающей температуру Кюри образца ($T_К$ = 855 К) [8]. Примеры зависимостей поляризации вторичных электронов от температуры для вторичных электронов с энергиями 35 и 500 эВ представлены на рис. 1 а) и рис. 1 б) соответственно. Принимая во внимание среднюю длину свободного пробега [6], можно сделать вывод, что зависимость для 35 эВ соответствует глубине анализа в один монослой, поверхности, а зависимость для 500 эВ соответствует измерению нескольких нанометров – объёму.

Увеличение температуры образца приводит к тому, что измеряемая поляризация вторичных электронов уменьшается, следуя закону Кюри–Вейса для намагниченности образца. При достижении $T_К$ поляризация становится близкой к нулю, что является следствием перехода объема образца в парамагнитное состояние. При температурах выше $T_К$ характер изменения электронной поляризации различен для электронов с энергиями 35 и

500 эВ. Для первых поляризация сначала становится отрицательной, что можно связать с тем, что поверхностный монослой проявляет антиферромагнитные свойства, и затем уменьшается до нуля при увеличении температуры до значения 1,1 T_K. Для электронов с энергией 500 эВ описанной выше отрицательной поляризации не возникает.

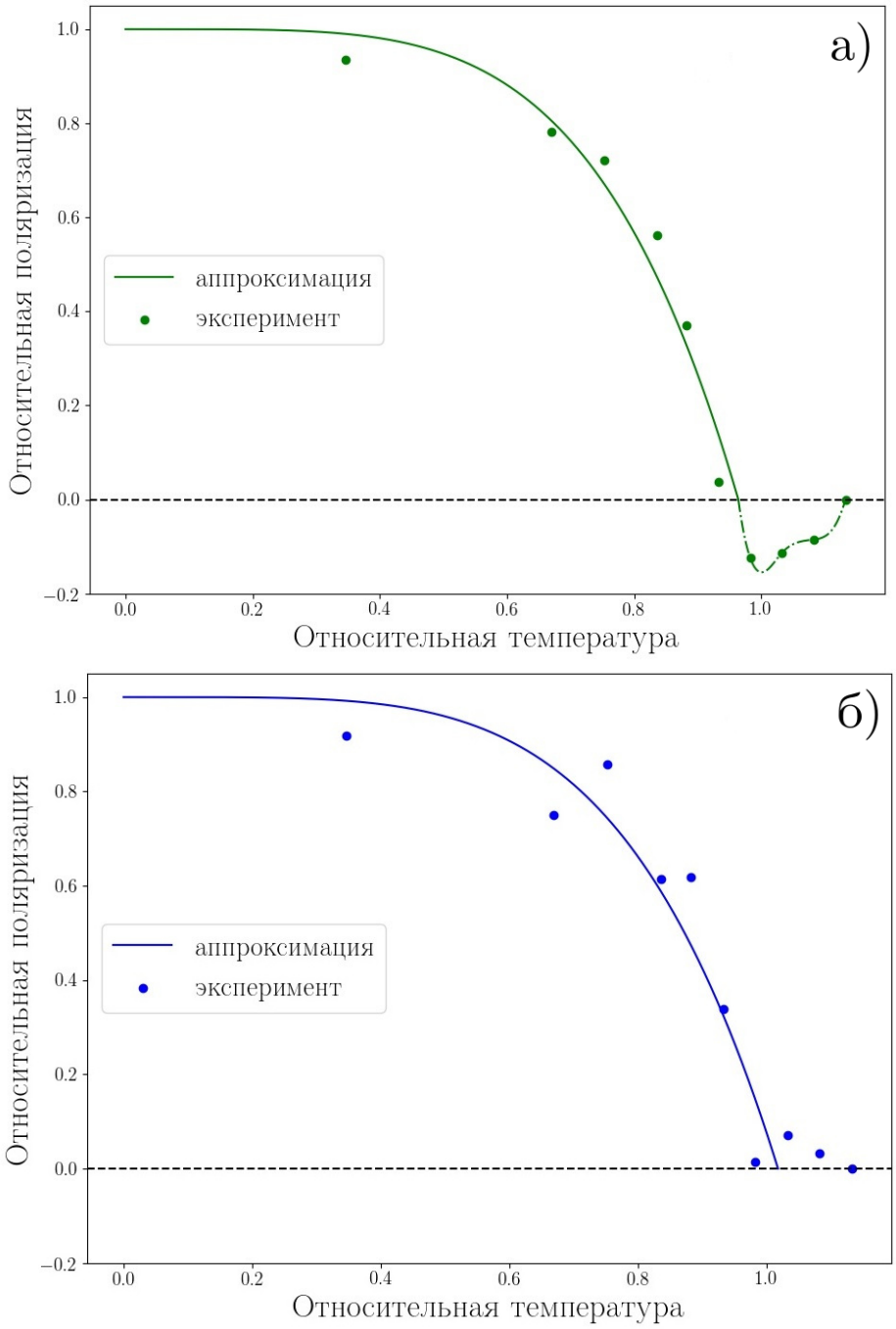


Рис. 1. Зависимость относительной поляризации вторичных электронов $FeNi_3$(110) от температуры: а) при энергии 35 эВ; б) при энергии 500 эВ. Точками обозначены экспериментальные данные, сплошной линией – их аппроксимация по закону Кюри–Вейса

Авторы предполагают, что подобное поведение можно объяснить поверхностной сегрегацией атомов *Fe* в поверхностном слое монокристалла. Как показано в работе [9], поверхность переходных металлов может иметь магнитный порядок даже в том случае, когда объем образца парамагнитен. Таким образом, электроны, глубина выхода которых сравнима с

толщиной монослоя, несут информацию о магнитном упорядочении поверхности, для электронов с большей глубиной выхода эффект замывается вкладом парамагнитного объёма.

Выводы. В ходе работы была получена информация о магнитных свойствах поверхности и объёма монокристалла $FeNi_3$. Использование метода спин-поляризованной вторичной-электронной спектроскопии позволило проанализировать зависимости поляризации от температуры:

1) зафиксировано антиферромагнитное упорядочение поверхности образца при температурах, близких к температуре Кюри;

2) при этом объём образца становился парамагнитным при температурах выше температуры Кюри.

Таким образом, с помощью вышеозначенного метода оказывается возможно характеризовать магнитные свойства поверхности и объема одного образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sengupta A., Roy K. Encoding neural and synaptic functionalities in electron spin: A pathway to efficient neuromorphic computing // Applied Physics Reviews. – 2017. – Т. 4. – № 4. – С. 041105.

2. Borders W. A., Fukami S., Ohno H. Characterization of spin–orbit torque-controlled synapse device for artificial neural network applications // Japanese Journal of Applied Physics. – 2018. – Т. 57. – № 10. – С. 1002B2.

3. Xu Y., Awschalom D., Nitta J. (ed.). Handbook of spintronics. – Springer Netherlands, 2016. – С. 1446–1477.

4. Siegman, H.C. Surface and 2D magnetism // J. Phys.: Condens. Matter. – 1992. – V. 4. – P. 8395–8434.

5. Köbler U. Temperature dependence of the spontaneous magnetization of body-centred-cubic bulk iron, amorphous iron and thin iron films / U. Köbler // Journal of Physics: Condensed Matter. – 2002. – Vol. 14, no. 38. – P. 8861–8881.

6. Seah M.P., Dench W.A. Quantitative electron spectroscopy of surfaces: a standard data base for electron inelastic mean free paths in solids // Surface and interface analysis. – 1979. – Т. 1. – No. 1. – С. 2–11.

7. Ridzel O.Y., Astašauskas V., Werner W.S.M. Low energy (1–100 eV) electron inelastic mean free path (IMFP) values determined from analysis of secondary electron yields (SEY) in the incident energy range of 0.1–10 keV // Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. – 2019.

8. Schedin F. et al. Exchange splitting of FeNi3 (1 1 0) bulk and surface bands // Journal of magnetism and magnetic materials. – 1999. – Т. 198. – С. 555–557.

9. Borman V.D., Maximov L., Popov A.P. Surface ferromagnetism in transition metals in the Hubbard model // Zh. Eksp. Teor. Fiz. – 1986. – Т. 90. – № 2. – С. 697–708.

УДК 539.12

Г.К. Сизых [1], В.В. Дубов [2], С.П. Рощупкин [2]
[1] Санкт-Петербургский академический университет
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕЗОНАНСНАЯ КИНЕМАТИКА РОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫХ ПАР В СТОЛКНОВЕНИЯХ ЭЛЕКТРОНОВ С ЛАЗЕРНОЙ ВОЛНОЙ

Квантовая электродинамика (КЭД) на сегодняшний день является одним из наиболее развитых разделов квантовой теории поля, тем не менее, процессы КЭД в сильных полях ещё недостаточно изучены, и их исследование представляет собой особый интерес, в том числе для проверки КЭД. Впервые эксперимент по проверке КЭД в сильном лазерном поле был поставлен в 1996 году на ускорителе в лаборатории SLAC [1]. Теоретические работы по КЭД в сильных полях можно разделить на две группы: изучение резонансных [2–6],

характеризующихся выходом промежуточных частиц на массовую поверхность, и нерезонансных [5–7] процессов. Рождение электрон-позитронных пар при столкновении электронов с лазерной волной в нерезонансном случае было изучено в работе [8]. В настоящей работе изучается резонансная кинематика данного процесса (см. рис. 1).

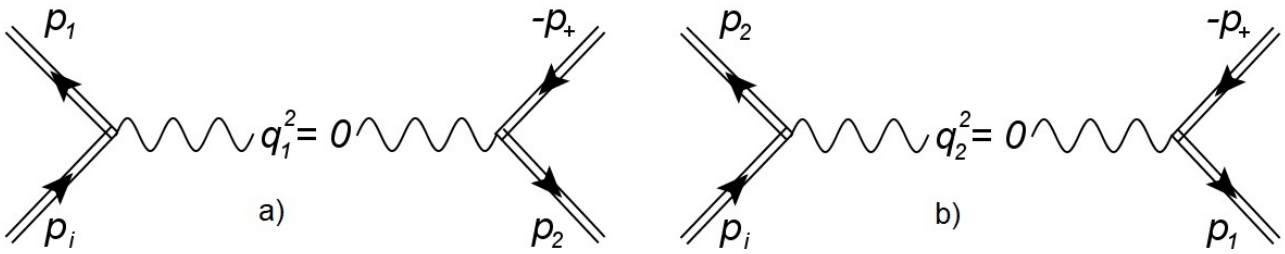


Рис. 1. Диаграммы Фейнмана исследуемого резонансного процесса. a) – канал «a», b) – канал «b». Двойные сплошные линии отвечают функциям Волкова – решениям уравнения Дирака с потенциалом плоской монохроматической электромагнитной волны

Процессы КЭД во внешних полях удобно исследовать в представлении Фарри [9], которое заключается в том, что в качестве невозмущённого гамильтониана берётся электрон-позитронное поле, взаимодействующее с классическим внешним полем, а взаимодействие этой системы с квантованным электромагнитным полем учитывается как возмущение. Важной особенностью такого подхода является то, что уравнение Дирака в поле плоской монохроматической электромагнитной волны имеет точное решение – функции Волкова [10].

Как видно из рис. 1, существует 2 канала протекания реакции, которые отличаются заменой индексов импульсов конечных электронов, поэтому далее рассматриваем только канал «a».

Процессы КЭД во внешних электромагнитных полях характеризуется классическим релятивистским инвариантным параметром

$$\eta = \frac{eF}{m\omega}. \tag{1.1}$$

Здесь e и m – заряд и масса электрона, F и ω – напряжённость и частота электрического поля волны.

Будем рассматривать ультрарелятивистские частицы с $E \gg m$ и слабые поля с $\eta \ll 1$, что соответствует напряжённостям $F \ll 10^{11}$ В/см.

Импульс частиц, описываемых функциями Волкова равен

$$q^\mu = p^\mu - \frac{e^2\overline{A^2}}{2(kp)}k^\mu, \tag{1.2}$$

где p^μ и k^μ – 4-импульсы свободной дираковской частицы и фотона, $\overline{A^2}$ – среднеквадратичное значение 4-вектор-потенциала электромагнитной волны.

Таким образом из (1.2) следует, что при $\eta \ll 1$ 4-импульс волковской частицы приближённо равен 4-импульсу свободной дираковской частицы.

Запишем закон сохранения 4-импульса (ЗСИ) для первой и второй вершин и для всей диаграммы в целом:

$$p_i + k = p_1 + q_1, \tag{1.3}$$

$$q_1 + k = p_2 + p_+, \tag{1.4}$$

$$p_i + 2k = p_1 + p_2 + p_+. \tag{1.5}$$

Используя условие резонанса $q_1^2 = 0$, из (1.3) можно получить зависимость энергии первого конечного электрона от угла его вылета (см. рис. 2):

$$x_1 = \frac{1}{2(\varepsilon_i+1+\delta_{1i}^2)}\left[(\varepsilon_i+2) \pm \sqrt{\varepsilon_i^2 - 4\delta_{1i}^2}\right],\ x_1 = \frac{E_1}{E_i},\ \delta_{1i} = \frac{E_i\theta_{1i}}{m},\ \varepsilon_i = \frac{E_i}{E_*},\ E_* = \frac{m^2}{2\omega(1-\cos\theta_i)}. \tag{1.6}$$

Здесь $\theta_{1i} = \measuredangle(\bar{p}_1, \bar{p}_i)$, $\theta_i = \measuredangle(\bar{k}, \bar{p}_i)$.

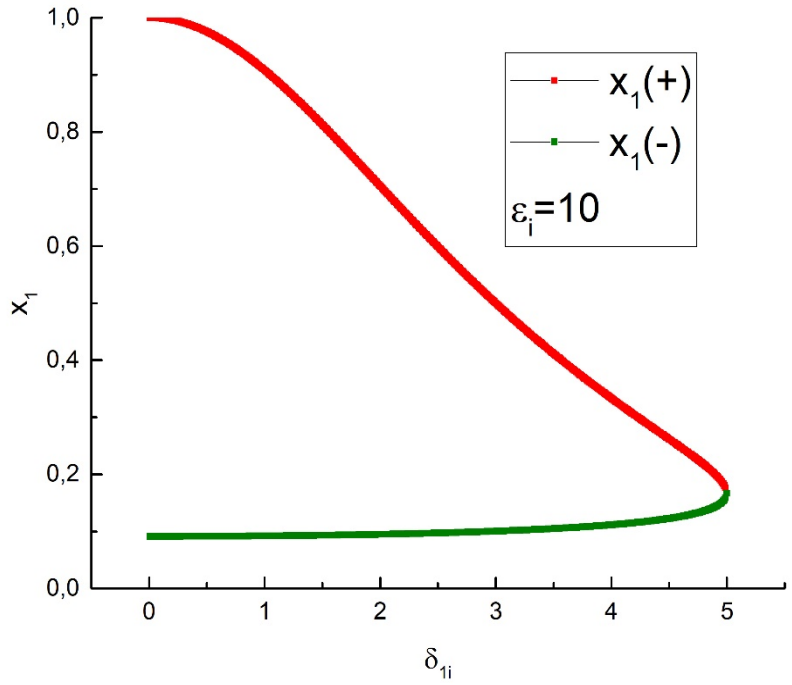


Рис. 2. Зависимость энергии первого конечного электрона от параметра δ_{1i} при энергии начального электрона $\varepsilon_i = 10$

Отметим, что из условия существования решений (1.6) следует существование критического угла вылета

$$\delta_{1i}^2 \le \frac{\varepsilon_i^2}{4}. \tag{1.7}$$

Пользуясь общим ЗСИ (1.5), можно найти энергию позитрона (см. рис. 3, 4):

$$x_+ = \frac{\left[2-x_1\left(1+\frac{1}{x_1^2}+\delta_{1i}^2\right)+2\varepsilon_i(1-x_1)\right]\pm\sqrt{D}}{2\left[(1+\delta_{+i}^2)-x_1\left(\frac{1}{x_1^2}+\delta_{1i}^2+\delta_{+i}^2-2\delta_{1i}\delta_{+i}\,cos(\varphi_{1i}-\varphi_{+i})\right)+2\varepsilon_i\right]},\ x_+ = \frac{E_+}{E_i},\ \delta_{+i} = \frac{E_i\theta_{+i}}{m}. \tag{1.8}$$

Здесь $\theta_{1i} = \measuredangle(\bar{p}_+, \bar{p}_i)$, а φ_{1i} и φ_{+i} – азимутальные углы импульсов первого конечного электрона и позитрона в системе координат, связанной с импульсом начального электрона.

Из закона сохранения энергии теперь можем найти энергию второго конечного электрона (см. рис. 3, 4):

$$x_2 = 1 - x_1 - \frac{\left[2-x_1\left(1+\frac{1}{x_1^2}+\delta_{1i}^2\right)+2\varepsilon_i(1-x_1)\right]\pm\sqrt{D}}{2\left[(1+\delta_{+i}^2)-x_1\left(\frac{1}{x_1^2}+\delta_{1i}^2+\delta_{+i}^2-2\delta_{1i}\delta_{+i}\,cos(\varphi_{1i}-\varphi_{+i})\right)+2\varepsilon_i\right]},\ x_2 = \frac{E_2}{E_*}. \tag{1.9}$$

Дискриминант D даётся следующим выражением:

$$D = \left[2 - x_1\left(1+\frac{1}{x_1^2}+\delta_{1i}^2\right)+2\varepsilon_i(1-x_1)\right]^2 - 4(1-x_1)\left[(1+\delta_{+i}^2) - x_1\left(\frac{1}{x_1^2}+\delta_{1i}^2+\delta_{+i}^2 - \right.\right.$$
$$\left.\left. -2\delta_{1i}\delta_{+i}\,cos(\varphi_{1i}-\varphi_{+i})\right)+2\varepsilon_i\right]. \tag{1.10}$$

Здесь, как и в первой вершине, также есть критический угол вылета, который, например, при $cos(\varphi_{1i}-\varphi_{+i}) = 0$ получается из условия $D \ge 0$:

$$\delta_{+i} \le \frac{\sqrt{\left[2-x_1\left(1+\frac{1}{x_1^2}+\delta_{1i}^2\right)+2\varepsilon_i(1-x_1)\right]^2 - \left[1-\frac{1}{x_1}-\delta_{1i}^2+2\varepsilon_i\right]}}{2(1-x_1)}. \tag{1.11}$$

Этот угол, однако, как и сами решения (1.8) и (1.9) существует не при любых значениях начальной энергии углов вылета первого конечного электрона δ_{1i}. Исследуя дискриминант (1.10), можно, например, найти области допустимого изменения параметров δ_{1i} и ε_i, при которых протекание процесса возможно (см. рис. 5).

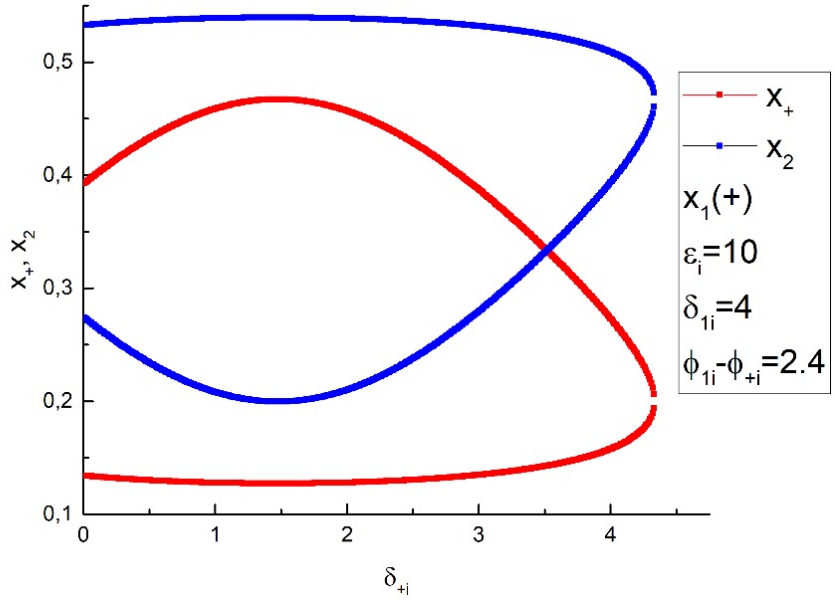


Рис. 3. Зависимость энергий позитрона и второго конечного электрона от параметра δ_{+i} при энергии начального электрона $\varepsilon_i = 10$, угле между первым конечным и начальным электронами $\delta_{1i} = 4$ и разнице азимутальных углов $\varphi_{1i} - \varphi_{+i} = 2.4$ рад для положительной ветви энергии первого конечного электрона

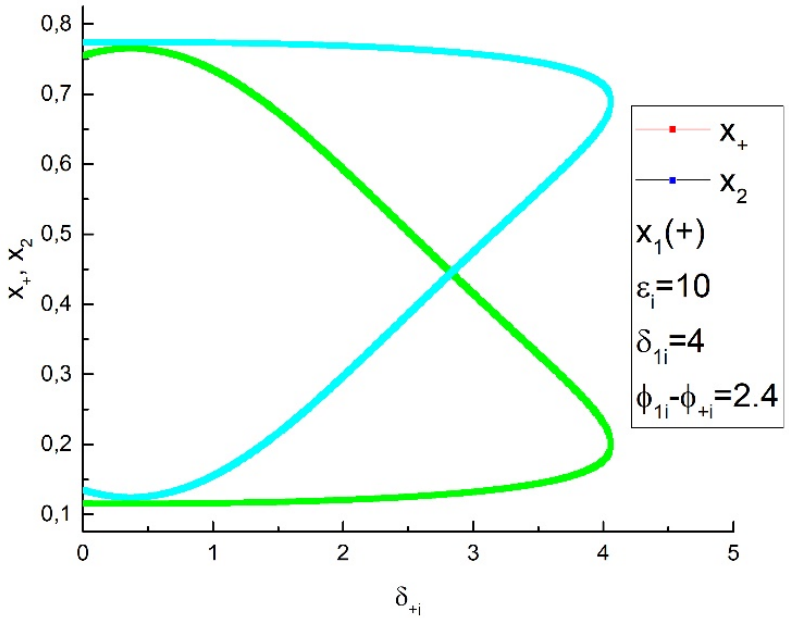


Рис. 4. Зависимость энергий позитрона и второго конечного электрона от параметра δ_{+i} при энергии начального электрона $\varepsilon_i = 10$, угле между первым конечным и начальным электронами $\delta_{1i} = 4$ и разнице азимутальных углов $\varphi_{1i} - \varphi_{+i} = 2.4$ рад для отрицательной ветви энергии первого конечного электрона

Отметим, что процесс рождения электрон-позитронной пары, происходящий во второй вершине, обладает пороговой энергией. Это означает, что существует минимальная энергия фотона, начиная с которой рождение пары разрешено кинематически. Это обстоятельство приводит к наличию пороговой энергии у начального электрона. Пользуясь законами сохранения 4-импульсов (1.3), (1.4), можно вычислить пороговую энергию процесса:

$$E_{thr} = 2(1 + \sqrt{2})E_* \,. \qquad (1.12)$$

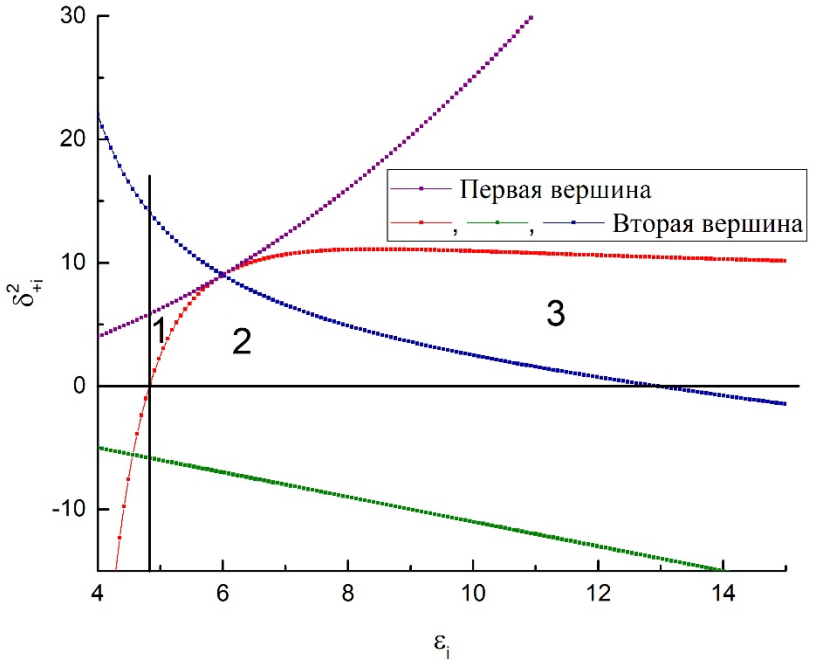


Рис. 5. Области допустимого изменения параметров δ_{1i} и ε_i, в которых процесс кинематически разрешён. Области отмечены цифрами «1», «2» и «3». Фиолетовая кривая соответствует условию (1.7). Остальные кривые получены путём исследования дискриминанта (1.10)

Таким образом, в работе получены зависимости энергий конечных частиц от углов между импульсами частиц и импульсом начального электрона, найдены ограничения на углы вылета частиц и пороговая энергия процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. Bula et al. Phys. Rev. Lett. **76**, 3116 (1996).
2. A.I. Voroshilo, S.P. Roshchupkin, V.N. Nedoreshta. Phys. Rev, A **94**, 032128 (2016).
3. A.A. Lebed', E.A. Padusenko, S.P. Roshchupkin, V.V. Dubov. Phys. Rev, A **97**, 043404 (2018).
4. N.R. Larin, V.V. Dubov, S.P. Roshchupkin. Phys. Rev, A **100**, 052502 (2019).
5. С.П. Рощупкин, А.И. Ворошило. Резонансные и когерентные эффекты квантовой электродинамики в сильных световых полях. Наукова думка (2008), с. 400.
6. С.П. Рощупкин, А.А. Лебедь. Эффекты квантовой электродинамики в сильных импульсных лазерных полях. Наукова думка (2013), с. 212.
7. А.И. Никишов, В.И. Ритус. Труды ФИАН, т. 111, 3 (1979).
8. F. Mackenroth, A. Di Piazza. Phys. Rev, D 98, 116002 (2018).
9. W.H. Furry. Phys. Rev. **81**, 115 (1951).
10. Д.М. Волков. ЖЭТФ **7**, 1286 (1937).

УДК 538.911

С.А. Гурьева [1,2], В.А. Марихин [2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2] Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СТРУКТУРНЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ГОМОЛОГАХ Н-АЛКАНОВ

Длинноцепочечные молекулярные кристаллы (ДМК) имеют перспективу широкого практического применения в качестве материалов с контролируемо измененяемой фазой (Phase Change Materials, PCM). ДМК характеризуются особыми процессами преобразования

энергии при температурных фазовых переходах (ФП). Возникающие тепловые эффекты предоставляют возможность с помощью составов РСМ из различных ДМК поддерживать необходимую температуру постоянной (в рабочем диапазоне от -40 до 80°С) в замкнутом объёме.

Проведение исследований на ДМК позволяет анализировать влияние длин цепей и типов концевых групп на эволюцию перехода. Поскольку такие соединения рассматриваются в качестве бездефектных модельных образцов для полимеров, получение количественных закономерностей, например, для н-алканов можно использовать при изучении структуры полиэтилена.

Цели и задачи. Целью работы являлось исследование структурных трансформаций ДМК на примере н-алканов при температурах ФП. Для достижения поставленной цели необходимо было решить такие задачи, как определение природы структурного ФП и выявление кинетики его развития в гомологическом ряду н-алканов с общей формулой C_nH_{2n+2}, а именно, в трикозане $C_{23}H_{48}$, тетракозане $C_{24}H_{50}$ и пентакозане $C_{25}H_{52}$. Исследование ряда н-алканов, с последовательно растущими длинами цепей, продемонстрирует эффект увеличения объёмных энергий при постоянстве поверхностных, а также эффект чётности числа атомов углерода в молекулярной цепи, что оказывает влияние на температурный интервал протекания ФП.

Объекты исследования. Регулярные транс-последовательности в кристаллических сердечниках наноламелей н-алканов в зависимости от чётности числа метиленовых CH_2 групп образуют суб-ячейки различных типов симметрии. Кристаллизация нечётных н-алканов, трикозана и пентакозана, происходит с образованием орторомбических суб-ячеек, а чётного тетракозана – с образованием триклинных.

Методы исследования. Исследования методом ДСК [1] доказали, что процесс плавления ДМК, в частности н-алканов, осуществляется в 2 этапа: 1) твердофазный переход I рода (ФП-1) при $T_{ФП-1} < T_{пл}$ и 2) переход типа порядок–беспорядок при $T_{пл}$. Рентгенодифракционные исследования ДМК при ФП-1 установили [2], что происходит изменение типа симметрии кристаллографических суб-ячеек в сердечниках ламелей. Однако выявление кинетики структурных трансформаций при ФП-1 не проводилось, что стало основной темой нашего исследования.

ИК-Фурье спектроскопия эффективна при исследовании структурных ФП, поскольку ИК-спектр поглощения существенно зависит от типа симметрии кристаллографических ячеек. В работе [3] показано, что имеется корреляция между положением полос поглощения в области маятниковых ($\nu \sim 720$ см$^{-1}$) и деформационных ($\nu \sim 1470$ см$^{-1}$) колебаний CH_2 групп и типом кристаллической суб-ячейки, образованной из метиленовых транс-последовательностей. Эта корреляция обусловлена преимущественно Ван-дер-Ваальсовыми взаимодействиями между молекулами н-алканов, которые определяются межмолекулярными расстояниями в соответствующих суб-ячейках.

Образцы микрометровой толщины для ИК-спектрометра готовились путём нанесения хлопьев н-алканов на пластины NaCl, плавились и затем охлаждались для получения равномерной кристаллической структуры. Съёмка спектров поглощения осуществлялась на ИК-Фурье спектрометре IFS-88 фирмы Bruker (Германия). Сканирование происходило при повышении температуры на $\Delta T = 2$ К, а в области ФП-1 измерения проводились с шагом $\Delta T = 0.01$ К, и при этом образцы выдерживались в течение 10 мин. Измерение температуры с точностью $\Delta T = \pm 0.05$ К проводилось дифференциальной термопарой хромель-копель.

Результаты и обсуждение. На рис. 1 (а,б) представлены ИК-спектры трикозана $C_{23}H_{48}$ (аналогично пентакозана $C_{25}H_{52}$) и тетракозана $C_{24}H_{50}$ в области $\nu = 500–3300$ см$^{-1}$. Для сравнения спектры приведены при Troom и при температурах вблизи $T_{ФП-1}$, кроме того, детально представлены интересующие нас области характеристических колебаний.

Интенсивные полосы поглощения трикозана (и пентакозана) $\nu \sim 720$ см$^{-1}$ (маятник. кол.) и $\nu \sim 1473$ см$^{-1}$ (деформ. кол.) (нис. 1а) указывают на то, что образцы, действительно,

кристаллизуются с образованием суб-ячеек орторомбической симметрии. На такую ячейку приходится 2 молекулы, что приводит к эффекту Давыдовского расщепления фундаментальных полос колебаний на дублеты в ИК-спектрах.

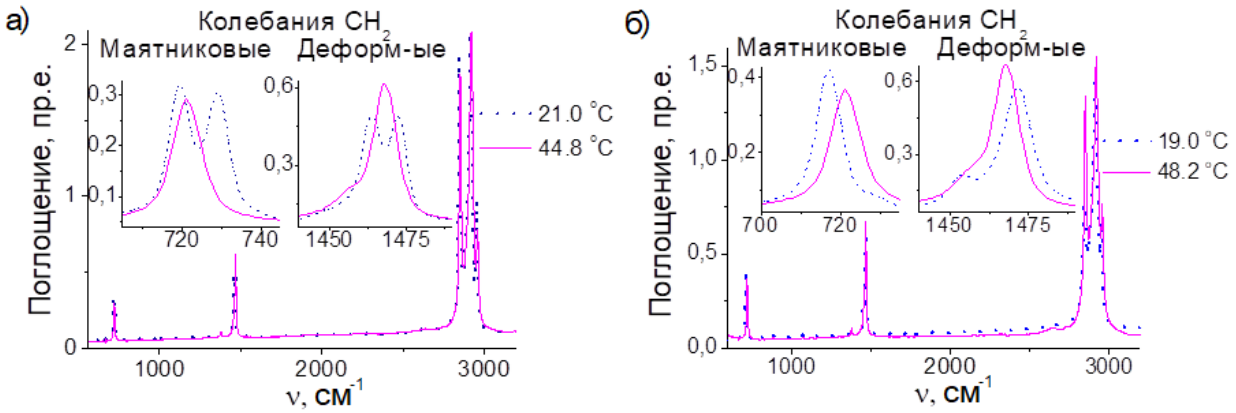


Рис. 1. ИК-спектры а) трикозана $C_{23}H_{48}$ и б) тетракозана $C_{24}H_{50}$

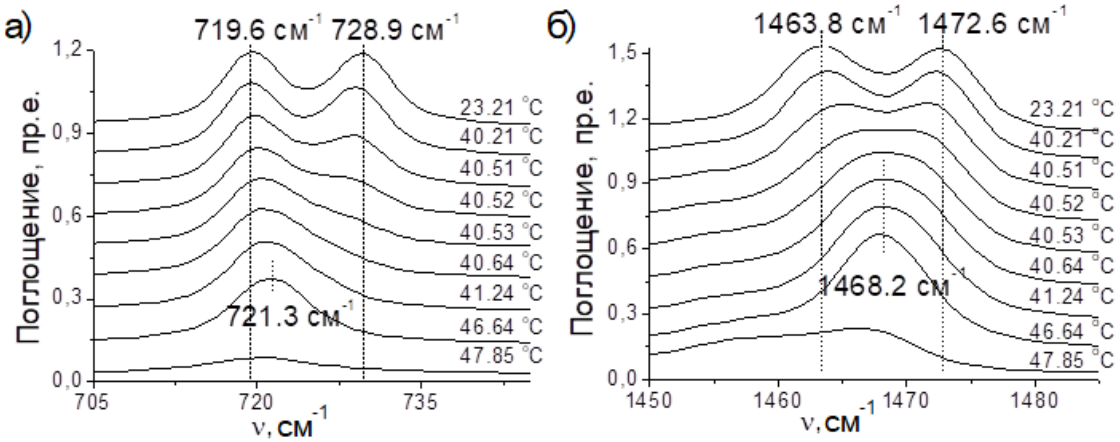


Рис. 2. Температурные изменения ИК-спектра трикозана $C_{23}H_{48}$ в областях а) маятниковых и б) деформационных колебаний CH_2 групп

Наличие в спектре тетракозана интенсивных полос $\nu \sim 717$ см$^{-1}$ и $\nu \sim 1471$ см$^{-1}$ (рис. 1б) позволяет утверждать, что в сердечниках ламелей метиленовые последовательности образуют суб-ячейки триклинной симметрии, содержащие 1 эффективную молекулу.

Рис. 2 (а,б) демонстрирует существенные трансформации спектров в области маятниковых и деформационных колебаний для трикозана $C_{23}H_{48}$ (аналогичные результаты получены для пентакозана и тетракозана [4]).

Из рис. 2 (а,б) видно, что изменения частот происходят достаточно плавно, что позволяет выявить кинетику развития структурного ФП-1.

Для решения поставленных задач выполнены разложения ИК-спектров вблизи основных характеристических полос в температурном интервале от 292 K до 325 K. На основании полученных данных построены температурные зависимости положения максимумов полос поглощения для маятниковых и деформационных колебаний CH_2 групп в триклинных и орторомбических суб-ячейках (рис. 3 (а,б), 5а). Рис. 3 (а,б) и 5а демонстрируют, что для всех образцов характерен переход исходных полос поглощения в новые $\nu \sim 721$ см$^{-1}$ и $\nu \sim 1468$ см$^{-1}$, сохраняющиеся вплоть до Тпл. Это указывает на переход в устойчивую фазу вещества, соответствующую гексагональной упаковке молекул. При этом на примере маятниковых колебаний трикозана показано, что все параметры полос изменяются (рис. 4 (а,б)). На рис. 4а можно наблюдать постепенное исчезновение компоненты, связанной

с Давыдовским расщеплением. Кроме того, происходит увеличение ширины полос (рис. 4б) при переходе в гексагональную фазу, вызванное возросшей вращательной способностью молекул. Данное обстоятельство связано с тем, что в гексагональной структуре возможно жёсткое вращение цепей, состоящее из переориентационных скачков между шестью эквивалентными позициями (повороты вокруг оси на угол 60°) [5].

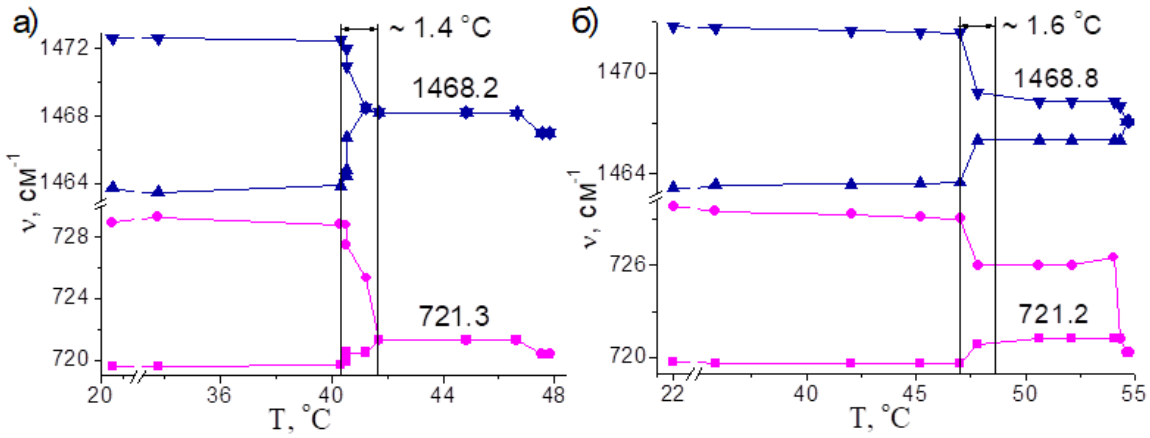


Рис. 3. Температурные изменения частот колебаний CH_2 групп в: а) трикозане и б) пентакозане

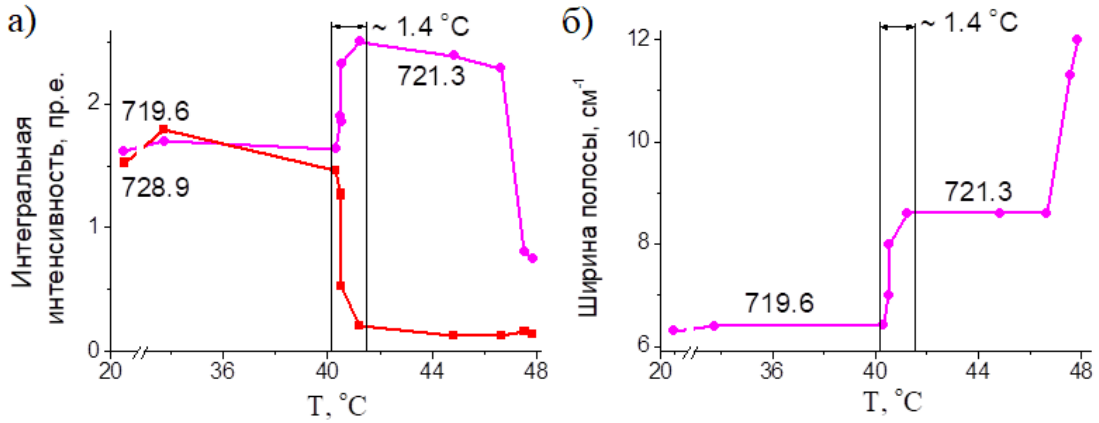


Рис. 4. Температурные изменения: а) интегральной интенсивности и
б) ширины полосы поглощения маятниковых колебаний CH_2 групп в трикозане

Таким образом, все образцы претерпевают переход в гексагональную фазу в температурном интервале $\Delta T \leq 2$ К. Новая фаза оказывается более свободным состоянием, возникающим на пути перед расплавом, так как поступающая энергия расходуется на «разбалтывание» цепей для преодоления Ван-дер-Ваальсова взаимодействия.Для каждого образца характерно также, что при температурах, несколько выше Тпл, происходят изменения частот маятниковых и деформационных колебаний CH_2 групп до 720 $см^{-1}$ и 1467 $см^{-1}$, соответственно, которые характерны для изолированных цепей н-алканов, находящихся в жидком состоянии или растворах.

Твердофазный переход I рода в тетракозане $C_{24}H_{50}$ сопровождается переходом транс-зигзагов в кристаллическом сердечнике ламелей из наклонного положения относительно плоскостей из концевых метильных CH_3 групп в триклинных суб-ячейках в вертикальное расположение в гексагональных. Данный переход требует большей подачи тепла, чем аналогичный переход в нечётных н-алканах, трикозане $C_{23}H_{48}$ или пентакозане $C_{25}H_{52}$, с исходно вертикальными молекулами в сердцевинах ламелей. Влияние эффекта чётности числа метиленовых групп на температурный интервал ФП-1 представлено на рис. 5б. Кроме того, исследование членов одного гомологического ряда позволило продемонстрировать влияние

длин цепей на развитие ФП-1, так как с увеличением числа атомов углерода в цепи, возрастает взаимное притяжение соседних молекул. Это приводит к росту объёмной энергии кристалла, а, следовательно, температуры ФП сдвигаются в область всё более высоких температур.

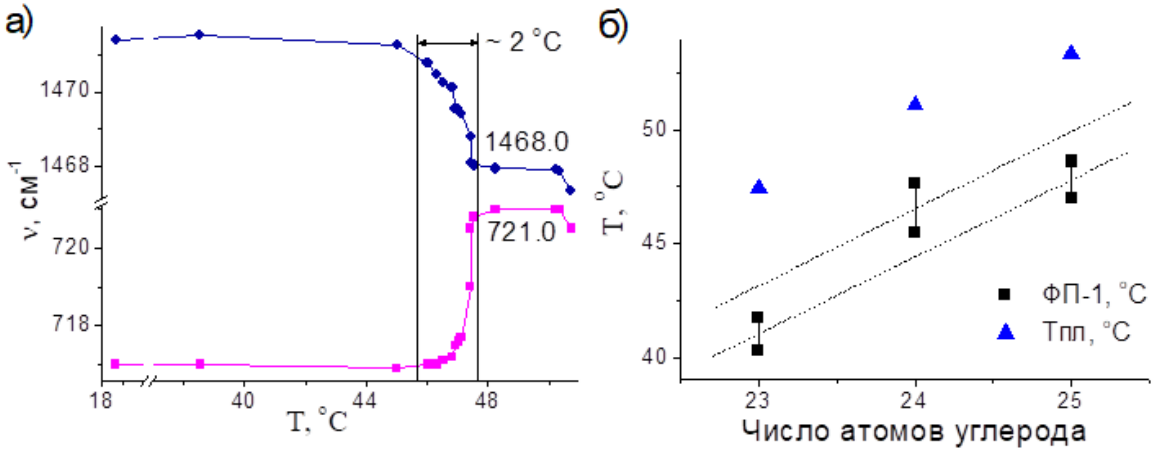


Рис. 5. а) Температурные изменения частот колебаний CH_2 групп в тетракозане, б) Температуры ФП: $C_{23}H_{48}$ (40.3–41.7 °C), $C_{24}H_{50}$ (46.2–48.2 °C), $C_{25}H_{52}$ (47.0–48.6 °C)

Выводы. Трансформацию частот маятниковых и деформационных колебаний CH_2 групп мы объясняем постепенным ослаблением Ван-дер-Ваальсова взаимодействия между отдельными молекулами вследствие теплового расширения кристаллов. Выявленная кинетика развития ФП-1 свидетельствует о возникновении зародышей новой фазы с гексагональным типом суб-ячейки в кристаллической сердцевине исходных ламелей с триклинными и орторомбическими суб-ячейками. Число зародышей постепенно увеличивается по мере развития ФП в соответствии с теорией размытых ФП I рода [6] в температурном интервале $\Delta T \sim 2$ К. Таким образом, доказана гетерогенная природа твердофазного структурного перехода I рода в ДМК н-алканов.

Исследование гомологического ряда н-алканов позволило продемонстрировать эффект возрастания объёмных энергий при увеличении длин цепей, а также влияние чётности числа атомов углерода в молекулах на температурные интервалы развития ФП. Полученные результаты позволят эффективно варьировать составы РСМ из различных ДМК для отыскания необходимых температурных интервалов протекания ФП с целью поддержания постоянных температур в заданном объёме.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН №32 «Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий».

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров В.М., Марихин В.А., ФТТ, 2016, т. 58, вып. 12, 2482–2487.
2. Yamamoto T., Nozaki K., Hara T., J. Phys. Chem., 1990, 92, N 1, 631–641.
3. Zerby G., Magni R., Gussoni M., Moritz K.H., Bigotto A., Dirlikov S., J. Chem. Phys., 1981, 75, 3175–3194.
4. Марихин В.А., Гурьева С.А., Мясникова Л.П., Волчек Б.З., Медведева Д.А., ФТТ, 2019, т. 61, вып. 10, 1831–1835.
5. Cho Y., Kobayashi M., Tadokoro H., J. Phys. Chem., 1986, 84, N 8, 4636–4642.
6. Малыгин Г.А., УФН, 2001, т. 171, № 2, 187–212.

УДК 53.08

А.В. Майзель, А.В. Медведев, В.С. Темкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ LABVIEW ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ И КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА

В настоящий момент большое значение в волоконно-оптической технике приобретают исследования, направленные на создание датчиков на основе оптического волокна [1, 2]. С начала 21 века активное развитие получили волоконно-оптические (ВО) трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН), применяемые в электроэнергетике. Однако, несмотря на существующие внедрения, эти устройства сохраняют и ряд недостатков. Для достижения конкурентоспособных позиций на рынке измерительных средств в электроэнергетике ТТ должны обеспечивать показатели погрешности измерений не более 0,1–0,05% во всём диапазоне условий окружающей среды в течение срока эксплуатации. Для достижения подобных характеристик конечных изделий требуется пересмотреть существующие конструктивные решения и алгоритмы обработки сигналов, применяемые в ВОТТ.

В ряде хорошо зарекомендовавших себя оптических схем ТТ ключевым элементом является четвертьволновая пластинка, выполненная из специального волокна. Такая пластинка с необходимыми характеристиками, ввиду малых размеров и высоких требований к стабильности оптической длины, крайне сложна в производстве, а также подвержена воздействию ряда внешних факторов, в первую очередь, изменению температуры окружающей среды. Из этого следует, что для достижения требуемых показателей точности, необходимо исключить (либо компенсировать) влияние температуры пластинки на результат обработки измеряемого сигнала.

Для проведения лабораторных исследований нашей группой была реализована модель, описанная подробно в публикации [3]. В составе схемы использован электрооптический модулятор (ЭОМ), взамен пьезокерамического, традиционно применяемого в подобных схемах. Это позволило значительно (на порядок) увеличить частоту модулирующего сигнала, что, помимо преимуществ, описываемых далее, привело к уменьшению длины необходимой линии задержки, выполняемой из дорогостоящего волокна.

Кроме температурной зависимости, на величину ошибки измерения в данной схеме влияют также неконтролируемые отклонения амплитуды модулированного сигнала [3]. Нам удалось решить данную проблему с помощью оригинального алгоритма цифровой обработки сигнала, использующего соотношение величины второй гармоники частоты модуляции к четвертой в измеряемом сигнале фотоприемника. Описание примененного алгоритма и результаты его применения приведены в [3, 4].

Архитектурно, схема ВОТТ представляет собой согласованный интерферометр, что в идеальных условиях предполагает автоматическую компенсацию всех внешних возмущений при прямом и обратном распространении сигнала. При этом отклонение оптической длины фазовой пластинки от ¼ приводит к искажению круговой формы поляризации волны, распространяющейся в волокне в прямом направлении, и непропорциональном распределении энергии сигнала в ортогональных модах отраженного сигнала. Нарушается необходимое условие взаимной компенсации возмущений, воздействующих на сигнал в волокне в различных элементах схемы оптического ТТ [5].

Для снижения отклонения оптической длины пластинки от требуемой нами предложен оптимизированный метод производства четвертьволновых пластинок из PM-волокна, подробно описанный в статье [6]. Данный метод позволяет изготавливать пластинку с

изначально менее высокой точностью геометрической длины, и добиваться требуемой оптической длины при заданной температуре путем механической деформации. Однако отклонение температуры всё равно приводит к значимым отклонениям от требуемых параметров этого элемента, влияющим на работу схемы [7].

Для исследования влияния изменения температуры на погрешности измерений ТТ была собрана схема (рис. 1). Четвертьволновая пластинка была помещена в термоизолированный бокс, где подвергалась нагреву и охлаждению с использованием элемента Пельтье. Генератор с периодом порядка получаса обеспечивал плавный нагрев и охлаждение пластинки в диапазоне температур от 15^0C до 53^0C. Для контроля погрешности измерений был использован прибор сравнения КНТ-05, используемый в энергетике для испытаний трансформаторов тока.

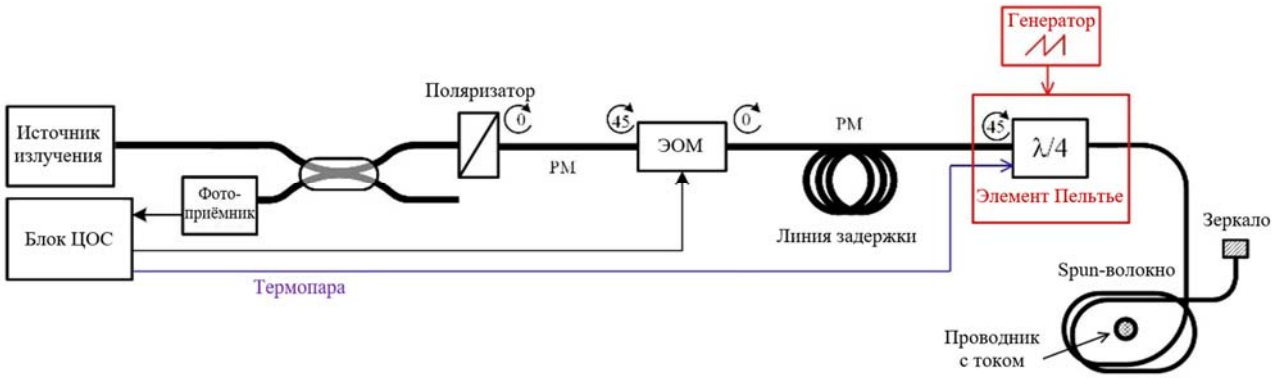


Рис. 1. Схема для исследования температурной зависимости ошибки ВОТТ

В процессе эксперимента регистрировались параметры, получаемые блоком цифровой обработки сигналов (ЦОС) фотоприемника схемы ТТ, напряжения термопар, а также показания прибора сравнения. ЦОС, как показано в статье [3], реализована в микросхеме ПЛИС на платформе National Instruments (NI) FlexRIO с использованием среды LabVIEW. Это позволило сохранить алгоритмы, разработанные на этапе компьютерного моделирования, без необходимости переписывать код специально под аппаратные средства. Для сбора данных с термопар применена платформа NI DAQ в конструктиве PXI, уже содержащая цепи согласования и профили термопар, а также высокоуровневый драйвер для быстрой разработки. Отдельную сложность представляла автоматизация измерений КНТ-05, который рассчитан на работу с помощью ЖКИ, и не имеет компьютерных интерфейсов. Практика показала, что оператор неспособен эффективно контролировать показания на дисплее в процессе эксперимента, что было неприемлемо.

Для автоматизации КНТ-05 был разработан метод анализа изображения дисплея, получаемого камерой технического зрения, и распознавания показания с помощью библиотек машинного зрения. Для захвата и обработки изображения дисплея, и получения числовых значений, были использованы программные инструменты NI Vision и портативная веб-камера начального уровня. Камера закреплялась струбциной на массивной консоли напротив дисплея, и качества получаемого изображения было достаточно для стабильного распознавания показаний

В результате, в рамках экспериментальной установки, все задачи компьютерного моделирования, быстрого прототипирования и автоматизации эксперимента были реализованы в рамках единой платформы, что позволило полностью исключить ошибку оператора в ходе проведения опыта.

В результате эксперимента была получена зависимость погрешности ВОТТ от температуры четвертьволновой пластинки. На рис. 2 показано, что обнаруженная зависимость нелинейна, однако имеет повторяющуюся форму при нагреве и охлаждении (в

рассматриваемом диапазоне температур имеет форму части параболы), и может быть скомпенсирована при известном значении температуры пластинки, например, с использованием полиноминальной аппроксимации.

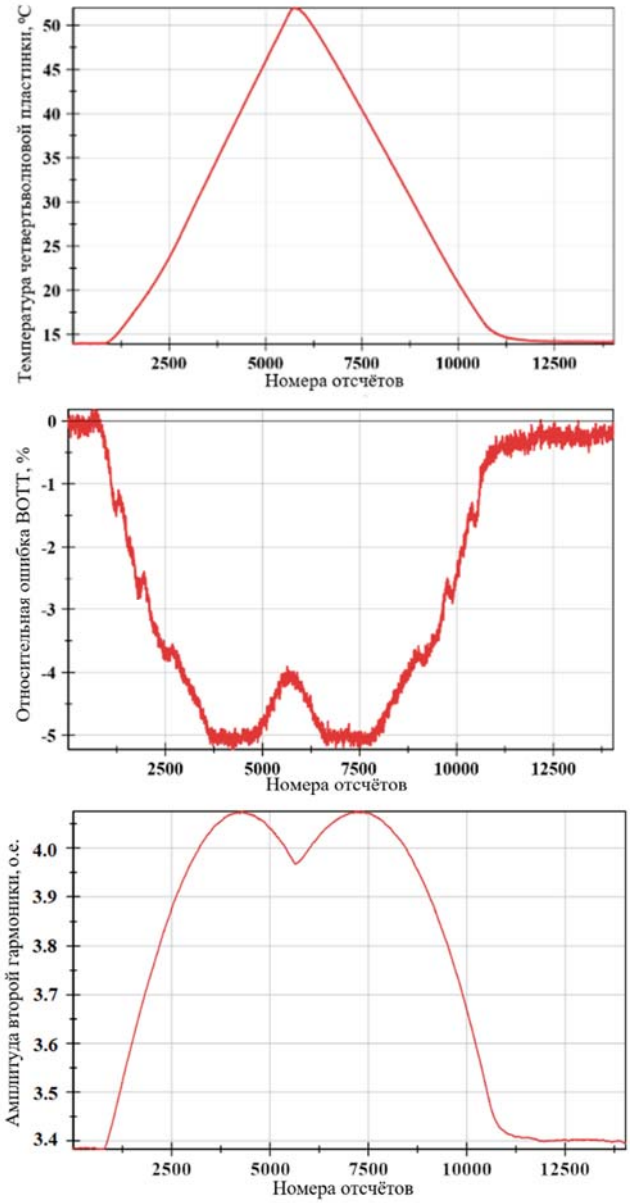


Рис. 2. Зависимость температуры, ошибки и величины второй гармоники от времени

Понятно, что измерения температуры в промышленной реализации ТТ осложнены расположением пластинки в области высоких напряжений. Это исключает использование датчиков, преобразующих значение температуры в электрический сигнал (термопара, терморезистор), поскольку нарушает гальваническую развязку электроники и токоведущих частей высокого напряжения, а применение волоконно-оптических датчиков температуры на основе решеток Брэгга (FBG) приведет к недопустимому удорожанию готового изделия.

Помимо значения ошибки, в процессе эксперимента проводилась регистрация ряда промежуточных параметров, задействованных в работе алгоритма ЦОС, в том числе амплитуды второй гармоники модулирующего сигнала. На рис. 2 видно, что форма этой зависимости зеркально повторяет кривую ошибки первичного сигнала, за исключением шумов. Алгоритма ЦОС был дополнен блоком компенсации значения выходного сигнала тока от уровня второй гармоники.

Это позволило компенсировать влияние температуры четвертьволновой пластинки на погрешность измерений без непосредственного измерения температуры. Не потребовалось вносить никаких изменений в конструкцию оптической схемы ТТ, то есть стоимость не изменилась относительно изначального варианта. Блок компенсации реализован в микросхеме ПЛИС и в контроллере под управлением операционной системы реального времени (ОСРВ), то есть компенсация не привела к появлению какой-либо задержки или запаздывания сигнала относительно исходно применявшегося алгоритма ЦОС.

Рис. 3 показывает, что в результате применения предложенного алгоритма компенсации в исследуемом диапазоне температур ошибка сократилась ровно на порядок, составляя приблизительно 5% до компенсации, и снизившись до ±0,2% при её применении.



Рис. 3. Зависимость ошибки от температуры после компенсации

Предполагая, что ВОТТ в перспективе станут основным методом измерения тока в электроэнергетика, благодаря их несомненным преимуществам, существуют серьезные возможности для улучшения характеристик таких устройств. В результате должны быть улучшены характеристики точности, надежности, а также снижены показатели стоимости.

Приведенная работа является вкладом нашей исследовательской группы в развитие технологии ВОТТ для задач энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Старостин Н.И. Современные волоконно-оптические преобразователи электрического тока // Релейщик. – 2012. – № 3. – С. 56–60.

2. Bohnert K., Hsu C., Yang L., Frank A., Müller G.M., Gabus P. Fiber-Optic Cur-rent Sensor Tolerant to Imperfections of Polarization-Maintaining Fiber Con-nectors // J. of Lightwave Technology. – 2018. – Vol. 36. – P. 2161–2165. DOI: 10.1109/JLT.2018.2803807

3. Temkina V, Medvedev A, Mayzel A and Mokeev A 2018 Fiber Optic Current Meter for IIoT in Power Grid Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics) 11118 LNCS 631–40. DOI: 10.1007/978-3-030-01168-0_57.

4. Медведев А.В., Темкина В.С., Майзель А.В. Способ демодуляции сигнала волоконно-оптического датчика тока. Патент РФ № 2682981 от 31.10.2018 МПК: G01R 15/22, G01R 15/24, G01R 19/00, опубликован 25.03.2019.

5. Пржиялковский Я.В., Моршнев С.К., Старостин Н.И., Губин В.П. Модифицированный чувствительный элемент волоконно-оптического датчика тока на spun-волокне с малой собственной эллиптичностью // Ж. Квант. Электрон. – 2014. – Т. 44, № 10. – С. 957–964.

6. V. Temkina, A. Medvedev, A. Mayzel, A. Mokeev, A. Kirpichenko, “Manufacturing method and stability research of the fiber quarter-wave plate for fiber optic current sensor”, Proc. 2019 IEEE Int. Conf. Electr. Eng. Photonics, EExPolytech, in press.

7. Петухов А.С., Смирнов А.С., Бурдин В.В. Температурные свойства волоконной четвертьволновой пластинки минимальной длины // Прикладная фотоника. – 2015. – Т. 2, № 1. – С. 80–86.

УДК 523.985.3

И.Д. Опарин [1], Ю.Е. Чариков [2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] ФТИ имени А.Ф. Иоффе

ПОТОК И АНИЗОТРОПИЯ ЭЛЕКТРОН-ЭЛЕКТРОННОГО ТОРМОЗНОГО ЖЁСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

Рассеяние электронов, ускоренных в ходе солнечной вспышки, на ионах и электронах тепловой плазмы вспышечных петель приводит к возникновению жёсткого рентгеновского (ЖР) излучения. Большая часть потока ЖР излучения приходится на дипольное излучение, возникающее в ходе рассеяния ускоренных электронов на ионах. В свою очередь, вторая производная по времени дипольного момента системы электрон-электрон обращается в ноль, и электрон-электронное излучение является квадрупольным. Поэтому энергия излучения при рассеянии на электроне оказывается в $(v/c)^2$ раз меньше, чем при рассеянии на покоящемся ионе [1]. Большинство современных методов анализа наблюдаемого ЖР излучения и восстановления параметров излучающих электронов учитывают только электрон-ионный (*e-i*) механизм излучения в предположении изотропного питч-углового распределения излучающих электронов [2], в то время как электрон-электронный (*e-e*) механизм излучения становится эффективным и может давать сопоставимый с электрон-ионным механизмом вклад в поток ЖР излучения при энергиях излучающих электронов $E \geq 511$ кэВ [3, 4]. В работе показано, что учёт электрон-электронного рассеяния, анизотропии сечения тормозного излучения и питч-угловых распределений ускоренных электронов существенно влияет на спектры рентгеновского излучения. На примере чрезвычайно мощной вспышки 28 октября 2003 года (класс X17.2) произведена оценка вклада потока электрон-электронного излучения в поток ЖР излучения и определены параметры излучающих электронов при излучении по модели толстой мишени.

Задачи исследования. Определить диапазон энергий в спектрах ЖР излучения, в котором требуется учитывать вклад электрон-электронного рассеяния. Промоделировать спектры ЖР излучения с учётом питч-угловой анизотропии излучающих электронов и оценить вклад электрон-электронного рассеяния. Оценить параметры излучающих электронов для вспышки 28 октября 2003 года с учетом вклада электрон-электронной компоненты потока рентгеновского излучения.

Электрон-электронное рассеяние. Формула для сечения *e-e* рассеяния в кинематически инвариантном виде получена в работе [5]. Оказывается удобным описывать рассеяние пучка высокоэнергичных электронов на тепловой плазме с максвелловской функцией распределения в системе покоя теплового электрона. В случае *e-e* рассеяния важную роль играет учёт энергии отдачи электрона-мишени, из-за чего энергия излучающего электрона является функцией угла между импульсами фотона и электрона и энергии фотона. Также формула для сечения учитывает эффект обменного взаимодействия, возникающего в силу тождественности частиц.

Сечения *e-i* и *e-e* излучения в общем случае анизотропны [5, 6], при этом степень анизотропии излучения возрастает с увеличением энергии излучающего электрона, угловое распределение излучения становится квазипродольным. Сравнение сечений, проитегрированных по углам, показывает, что при энергиях электронов от 1 МэВ и выше сечение *e-e* механизма начинает превышать сечение *e-i* механизма, таким образом, вклад тормозного *e-e* излучения определяется в первую очередь количеством высокоэнергичных излучающих электронов, т.е. жёсткостью электронного спектра.

Вычисление потока ЖР излучения. Были рассмотрены три вида питч-угловых распределений $g(\theta)$ излучающих электронов: изотропное $g(\theta)=1$, квазипродольное $g(\theta)=\cos^8\theta$

и квазипоперечное $g(\theta)=\sin^8\theta$. Вычисление потока с учётом *e-i* и *e-e* компонент проводилось по формуле:

$$I_{ei+ee}(\varepsilon,\alpha(\theta,\varphi)) = \frac{n_i V}{4\pi R^2}\int_{\varepsilon}^{\infty} dE \int_{-1}^{+1} d\cos\theta \int_{0}^{2\pi} d\varphi\, N(E) g(\theta) v(E) \frac{d\sigma_{ei}}{dk\, d\Omega}(\varepsilon, E, \theta_0) +$$
$$\frac{n_e V}{4\pi R^2}\int_{-1}^{+1} d\cos\theta \int_{0}^{2\pi} d\varphi \int_{E_0(\varepsilon,\theta_0)}^{\infty} dE\, N(E) g(\theta) v(E) \frac{d\sigma_{ee}}{dk\, d\Omega}(\varepsilon, E, \theta_0),$$

где n_i, n_e – концентрации тепловых ионов и электронов, ε — энергия фотона, $N(E)$ – энергетический спектр ускоренных электронов, взятый в виде степенной зависимости $N(E)=AE^{-\delta}$, $v(E)$ – релятивистская скорость электрона, θ_0 – угол между начальным импульсом электрона и фотона, φ, θ – азимутальный и питч-углы ускоренных электронов, α – угол наблюдения, V – объем излучающей области, R – 1 астрономическая единица. Зависимость минимальной энергии излучающего электрона от энергии фотона и угла рассеяния $E_0(\varepsilon,\theta_0)$, согласно [3], имеет следующий вид:

$$E_0(\varepsilon,\theta_0) = \varepsilon\frac{2(1+k)+\cos\theta_0\,(k\cos\theta_0 - \sqrt{k^2\cos^2\theta_0+4k})}{1-k^2+k\cos\theta_0\sqrt{k^2\cos^2\theta_0+4k}}, \qquad k=\varepsilon/m_e c^2.$$

Результаты расчётов (см. рис. 1) для изотропного случая $g(\theta)=1$ показали, что для жёстких электронных спектров с показателем $\delta = 2.5$, разность значений показателей γ фотонных спектров вида $I \sim \varepsilon^{-\gamma}$ для *e-i* и *e-i*+*e-e* случаев может превышать единицу для углов наблюдения α от 0° до 10° (что соответствует вспышкам в центре диска Солнца) и энергий фотонов выше 100 кэВ. В то же время для мягких электронных спектров (характерных для большинства вспышек) с показателями $\delta = 5$, вклад электрон-электронного рассеяния перестает быть существенным в силу низкой концентрации высокоэнергичных электронов, а также пропадает зависимость спектра ЖР излучения от угла наблюдения.

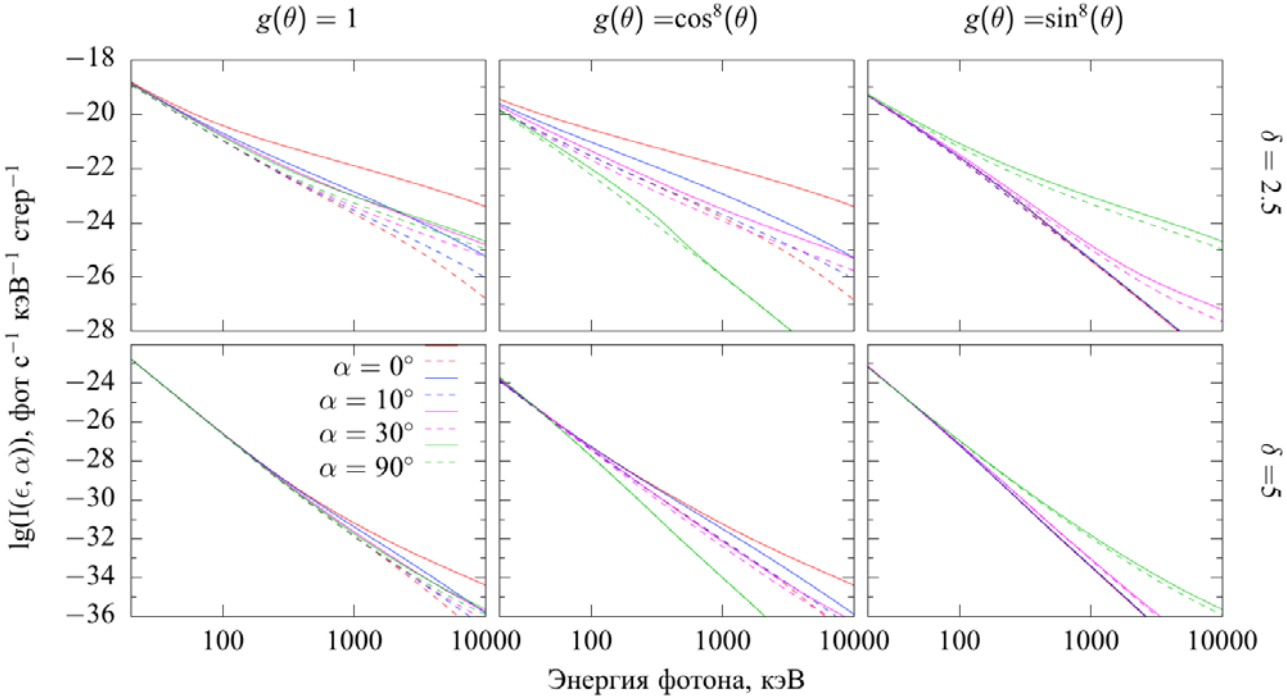


Рис. 1. Ужесточение спектра ЖРИ $I(\epsilon,\alpha)$, вызванное рассеянием электронов на электронах, для различных показателей δ степенного электронного спектра в зависимости от угла наблюдения α и питч-угловых распределений $g(\theta)$. Сплошной линией обозначена сумма потоков $I_{ep}+I_{ee}$, пунктирной линией обозначен поток только с учётом электрон-протонного рассеяния I_{ep}

В случае квазипродольного распределения электронов вклад электрон-электронного рассеяния будет значительно усиливать продольная анизотропия сечения, увеличивающаяся с ростом энергии электронов. Для углов наблюдения α, близких к 0^o, разница показателей суммарного и электрон-ионного спектра также составляет единицу. В случае же квазипоперечного распределения максимальная разность в показателях спектра с учётом и без учета электрон-электронного рассеяния будет достигаться при углах наблюдения от 30 градусов, при этом она будет пренебрежимо мала (показатели спектра практически совпадают). Зависимость от угла наблюдения в этом случае будет проявляться благодаря поперечной угловой компоненте сечения электрон-ионного тормозного излучения.

В работе [4], в предположении изотропного питч-углового распределения электронов, показано, что учёт тормозного *e-e* излучения оказывается необходимым при восстановлении параметров излучающих электронов из измерений ЖР излучения в области $\varepsilon \gtrsim$ 300 кэВ. В то же время, результаты расчётов с учётом угловой анизотропии в текущей работе указывают на заметный вклад тормозного *e-e* излучения на энергиях $E \sim 100$ кэВ для изотропных и квазипродольных угловых распределений ускоренных электронов в случае жёстких электронных спектров и углов наблюдения α, близких к 0^o.

Метод forward-fitting с учётом тормозного e-e излучения. Важной задачей в исследовании процессов излучения и транспорта электронов в солнечных вспышках является восстановление параметров излучающих электронов из данных наблюдений рентгеновского излучения. В приближении изотропного распределения электронов была разработана функция для программы рентгеновской спектрометрии *OSPEX* из пакета *SolarSoft*, позволяющая оценивать параметры электронов с учётом электрон-электронной компоненты излучения методом *forward-fitting* [7]. Процедуры пакета рассчитывают свертки с матрицами отклика детекторов ЖР излучения. Для сечения, проинтегрированного по углам, использовалась аппроксимационная формула (2) из [8].

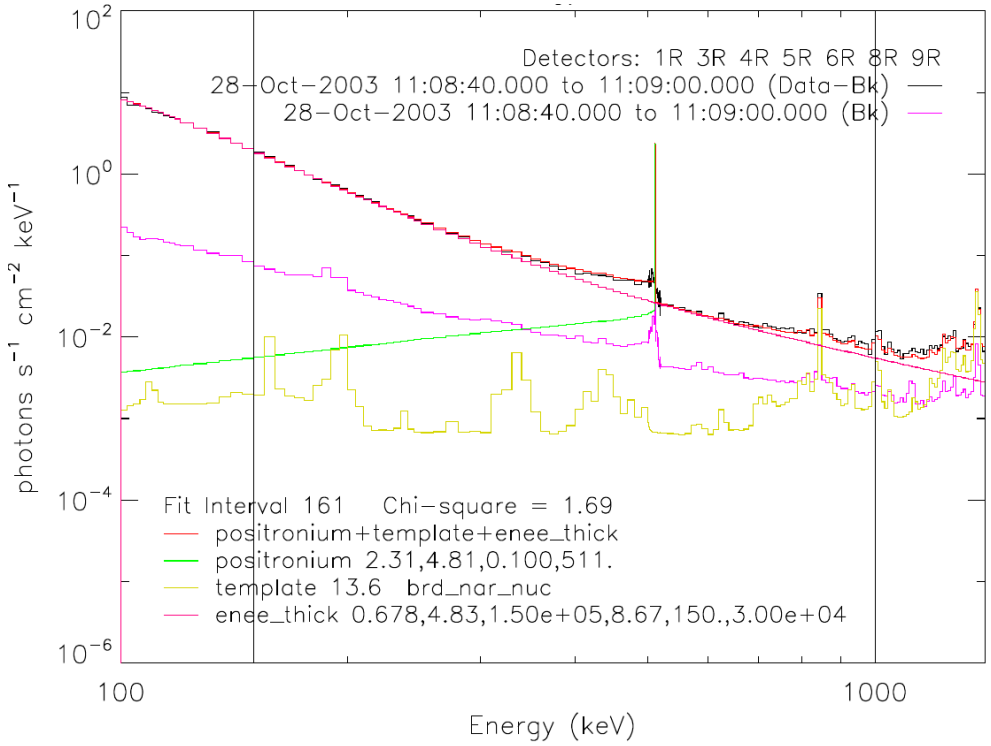


Рис. 2. Спектр ЖР излучения вспышки 28 октября 2003 года по данным спектрометра RHESSI во временном интервале вблизи максимума. Приведены результаты фитирования в модели *thick2+e-e* с учётом гамма-линий в интервале энергий фотонов от 150 до 1000 кэВ

Анализ данных ЖР излучения вспышки 28.10.2003. По данным спектрометра *RHESSI* [9] для чрезвычайно мощной вспышки 28 октября 2003 года (рис. 2), рентгеновский класс *GOES* X17.2, был исследован вклад электрон-электронной компоненты ЖР излучения.

Рассматривался интегральный спектр вспышки, в предположении, что основная доля ЖР квантов излучалась в основаниях вспышечных петель. Так как основную часть потерь кинетической энергии ускоренных электронов в основаниях петель составляют потери на нагрев плазмы в ходе столкновений, а не на излучение, приближение изотропного углового распределения оказывается возможным. Возникающее тормозное излучение требуется описывать по модели толстой мишени [10] (*thick2* в пакете *OSPEX*), при этом кулоновские потери играют роль как в *e-i*, так и в *e-e* механизмах излучения.

Модель *thick2* приближает энергетический спектр электронов двухстепенной зависимостью вида $N(E) = A_1 E^{-\delta_1}, E \leq E_{br}$; $N(E) = A_2 E^{-\delta_2}, E > E_{br}$ с показателями электронного спектра δ_1, δ_2, энергией излома E_{br}, нормировочными константами A_1, A_2. По результатам фитирования спектра ЖР излучения определены параметры ускоренных электронов в модели толстой мишени *thick2* и толстой мишени с учётом *e-e* тормозного излучения *thick2+eeb* (рис. 2).

Для модели *thick2* показатель спектра в области до излома $\delta_1 = 5.4$, в области выше излома $\delta_2 = 2.2$, энергия излома $E_{\text{br}} = 1481$ кэВ. В то время как учёт электрон-электронного рассеяния позволяет описать электронный спектр одностепенной зависимостью с показателем $\delta = 4.8$. Фитирование спектра в приближении двухстепенного закона в модели *thick2+eeb* дало следующие параметры электронного спектра: в области до излома $\delta_1 = 5.22$, в области выше излома $\delta_2 = 4.05$, энергия излома $E_{\text{br}} = 1446$ кэВ.

Таким образом, учёт электрон электронной компоненты позволяет избегать изломов электронного спектра в высокоэнергичной области, приводящих к усложнению модели ускорения электронов. Более того, неучёт электрон-электронной компоненты излучения приводит к переоценке количества ускоренных электронов, их энергии и более жёсткому энергетическому спектру. Хотя фактически недостающий поток компенсируется электрон-электронной составляющей механизма излучения.

Результаты. По результатам моделирования и обработки измерений показана необходимость учёта электрон-электронной компоненты ЖР излучения при анализе спектров вспышек с жёсткими спектрами $\gamma \sim 2$–3 и определении параметров ускоренных электронов. В то же время, увеличение степени анизотропии излучения с ростом энергии излучающих электронов требует учёта угловой зависимости сечений излучения (как в *e-p*, так и в *e-e* механизмах излучения) и функции распределения излучающих электронов. На сегодняшний день определение угловой части функции распределения ускоренных электронов из данных наблюдений ЖР излучения является затруднительным, и возможно лишь делать предельные оценки характера анизотропии (квазипродольная или квазипоперечная).

Для анализа данных наблюдений ЖР излучения была разработана функция фитирования спектров фотонов двухстепенным энергетическим спектром электронов с учётом электрон-электронного механизма излучения для программ рентгеновской спектрометрии *OSPEX* из пакета *Solarsoft*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железняков, В.В., Электромагнитные волны в космической плазме. – Москва: Наука, 1977.
2. Kontar, E.P., Brown, J.C., Emslie, A.G. et al. // 2011, Space Sci Rev 159, p. 301.
3. Haug, E. // 1975, Sol Phys 45, p. 453.
4. Kontar, E.P. et al. // 2007, ApJ 670, p. 857.
5. Haug, E. // 1975, Zeitschrift für Naturforschung, 30 a, p. 1099.
6. Bai, T., Ramaty, R. // 1978, ApJ 219, p. 705.
7. Holman, G.D., Sui, L., Schwartz, R.A., & Emslie, A.G. // 2003, ApJ, 595, L97.
8. Haug, E. // 1998, Sol. Phys., 178, 341.

9. Lin, R.P, Dennis, B.R., Hurford, G.J. et al. // 2002, Solar Phys. 210, 3.
10. Brown, J.C. // 1971, Sol. Phys., 18, 489.

УДК 004.94:530.182

Е.С. Парфенова [1], Ю.Н. Новиков [2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2]Академический университет им. Ж.И. Алфёрова РАН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПЯХ С ТУННЕЛЬНЫМ ДИОДОМ: СОЧЕТАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ЛАБОРАТОРНОГО И ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА

Важный раздел образовательных программ физических, инженерных направлений подготовки бакалавров в системе высшего образования – изучение процессов в цепях с нелинейными двухполюсниками, вольт-амперные характеристики которых имеют ветвь с отрицательной дифференциальной проводимостью. Обратимся к схеме весьма простой структуры, содержащей туннельный диод (ТД) (рис. 1). Здесь удается реализовать физические явления, изучение которых включено в программы базовых дисциплин электро-, радио-, связного профилей. В таких цепях можем наблюдать и исследовать: неустойчивость состояния равновесия; автогенерацию томсоновских (квазигармонических) и релаксационных (скачкообразных) колебаний; переключения в стабильные состояния [1, 2].

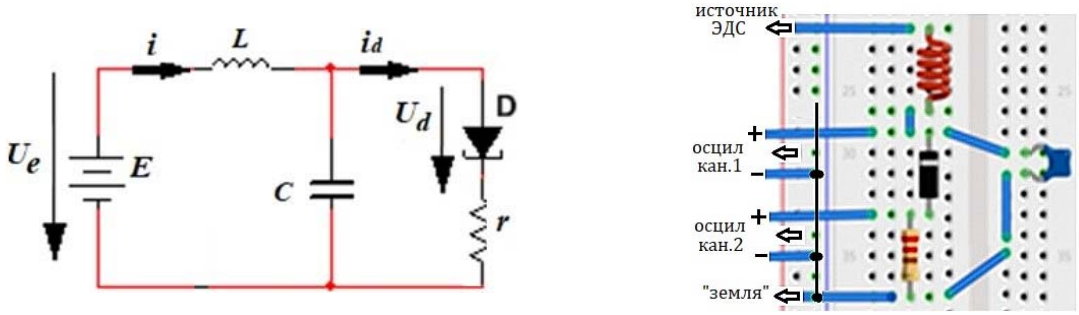


Рис. 1. Принципиальная и монтажная (на bredboard) схемы цепи с туннельным диодом

Сегодня компьютерное моделирование, численный анализ позволяют существенно дополнить теоретические и лабораторные исследования физических явлений как на этапе подготовки к лабораторным опытам, так и при обработке результатов [3]. В этой связи очевидна актуальность внедрения в практикумы, акцентированные на явлениях в цепях с туннельными диодами, моделирования в среде NI Multisim [4] (NI – от *англ.* National Instruments) и численного анализа (например, методом Рунге-Кутты [5]). Цепь с ТД проста в сборке и практически исключает ошибки в подводе питания, что облегчает проведение исследований, а постановка опытов на базе DAQ-платформы NI ELVIS [6] (далее ELVIS) снижает затраты на покупку и содержание оборудования, поскольку практически все необходимые приборы представлены в «парке аппаратуры» платформы ELVIS. Важно, что такие практикумы способствуют реализации фронтальной методики проведения занятий, когда все студенты одновременно выполняют исследования одной тематики. В таких условиях преподавателю проще разбирать с аудиторией суть и ход сложных процессов.

Лабораторный анализ на базе DAQ-платформы NI ELVIS. Студенты собирают цепь с ТД на монтажной плате конструктива bredboard (рис. 2) и подключают к цепи LabVIEW-приборы из программного обеспечения ELVIS.

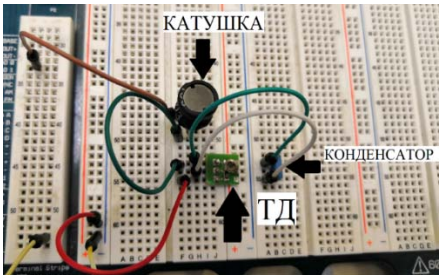


Рис. 2. Цепь с ТД на платформе ELVIS



Рис. 3. Рабочие элементы

Для проведения опытов целесообразно изготовить на основе ТД особый элемент – «двухполюсник» с тремя выводами (рис. 3) – включающий малый SMD-резистор, соединенный последовательно с ТД. Добавление третьего вывода позволяет измерять ток диода.

Ценно, что в программу практикума, реализованного на ELVIS, удается включить снятие вольт-амперной характеристики (ВАХ) туннельного диода LabVIEW-прибором Two-Wire Current-Voltage Analyzer из набора аппаратуры платформы ELVIS. Опыты снятия ВАХ выявили неожиданные результаты (рис. 4): в области спадающей ветви ВАХ обнаружены «скачки» графика, которые по-видимому свидетельствуют о неустойчивости состояния равновесия – систему «кидает» из одного состояния в другое. Причина этого, по мнению авторов, – влияние внутреннего сопротивления источника: увеличение наклона нагрузочной прямой приводит к выполнению условия самовозбуждения системы. Измерения ВАХ прибором Two-Wire Current-Voltage Analyzer выявило также «ступеньку» в области спадающей ветви ВАХ у ТД определенных марок (см. рис. 4).

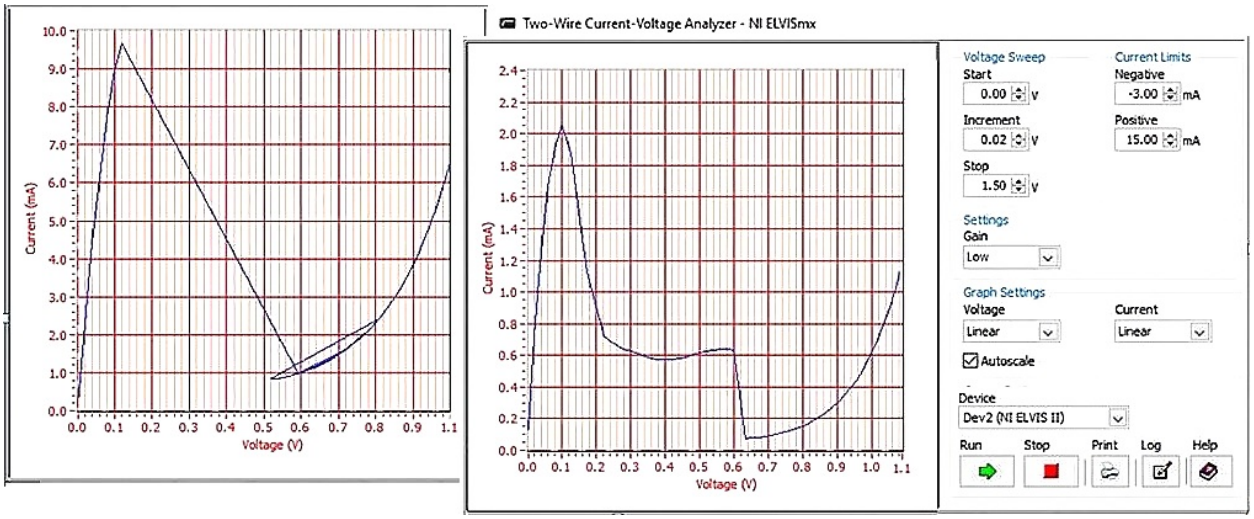


Рис. 4. ВАХ ТД 3И301Г (на заднем плане) и 3И306Г (на переднем плане)

Важным этапом исследований является аппроксимация экспериментально снятой ВАХ. Аппроксимация необходима для создания компьютерной Multisim-модели ТД, основа которой – функциональная зависимость тока ТД от напряжения. Аппроксимация (здесь – полиномиальная, показана на рис. 5) выполняется LabVIEW-функцией General Polynomial Fit, которую удалось приспособить для нахождения коэффициентов полинома по исходным данным, коими являются точки экспериментальной ВАХ. Программа LabVIEW позволяет придать процедуре полиномиальной аппроксимации облик виртуального прибора «Вычисление полинома», на фронтальной панели которого видим как исходные данные, так и итоговую функцию (см. рис. 5). Порядок полинома также можно варьировать.

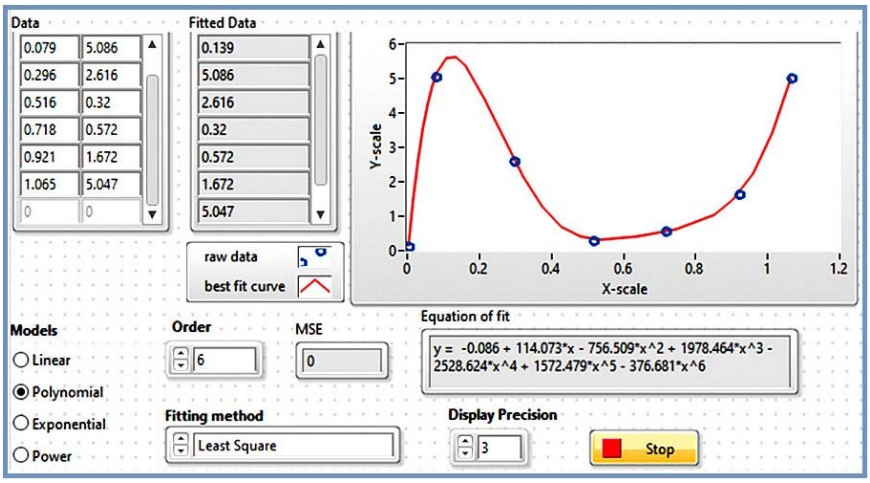


Рис. 5. Фронтальная панель прибора «Вычисление полинома»

Собирая на монтажном поле платформы ELVIS цепь с конденсаторами разных емкостей (см. рис. 1), можно наблюдать колебания как релаксационные, так и томсоновские (рис. 6, 7). Аппаратура платформы ELVIS – DMM (мультиметр), Oscilloscope – позволяет измерять параметры элементов цепи, детально анализировать осциллограммы колебаний.

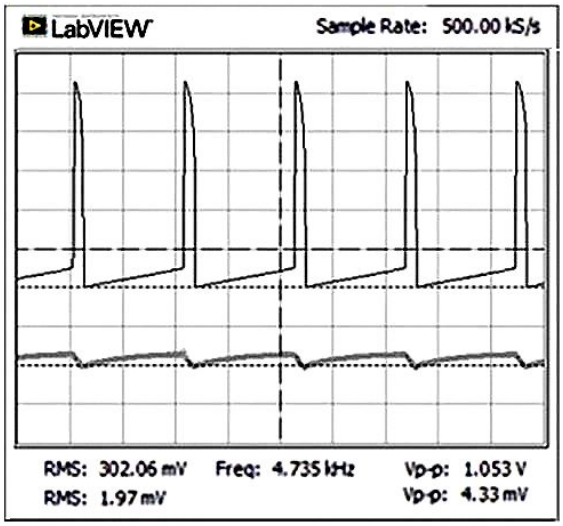


Рис. 6. Релаксационные колебания

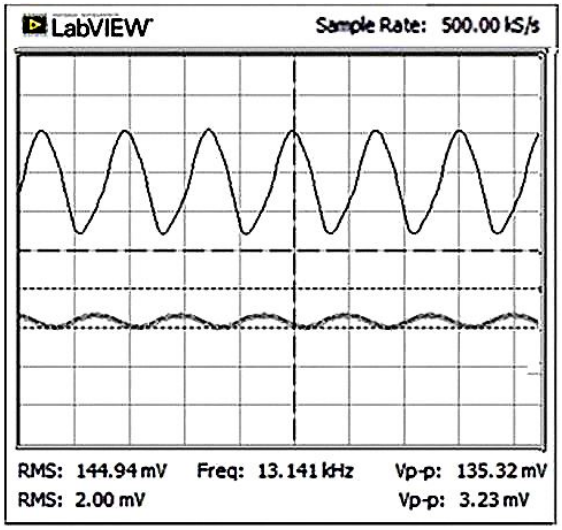


Рис. 7. Томсоновские колебания

Разработка практикума выявила проблемы приборов, поддерживающих опыты на платформе ELVIS. Об одной – влиянии внутреннего сопротивления источника, используемого прибором Two-Wire Current-Voltage Analyzer, – речь шла выше. К сожалению, отсутствие XY-режима осциллографа (Oscilloscope) не позволяет анализировать состояния системы на фазовой плоскости. Также обнаружено недокументированное ограничение напряжения прибора Variable Power Supply (регулируемый источник энергии) минимальным значением 0,35 В. Поскольку устойчивые колебания генерируются при меньших напряжениях питания туннельного диода, пришлось решать проблему нетривиальным образом: использовать в качестве источника напряжения прибор FGEN (функциональный генератор). Его панель управления позволяет задавать в поле DC offset уровни постоянного напряжения при нулевой амплитуде переменного компонента.

Компьютерное моделирование туннельного диода. Для моделирования, адекватно отражающего процессы в цепях, важно, чтобы искусственно сформированные компоненты (модели) обладали характеристиками, подобными реальным элементам. Поскольку в

Multisim-базе модель ТД с характеристиками, близкими экспериментально снятым, обнаружить не удалось, пришлось создать «эксклюзивный» туннельный диод (далее ETD). Это сделано двумя способами. В основе одного – использование особого Multisim-элемента: программируемого источника тока ABM-current (*от англ.* Analog Behavioral Modeling). Поведение этого элемента задаем вводом в поле управляющей функции формулы аппроксимирующего полинома. В основе другого – построение диода ETD функцией Model Makers, в которой фигурируют «SPICE-примитивы» Multisim-базы резисторы, диоды, источники ЭДС. Оба способа базируются на аппроксимации ВАХ полиномом, построенным по точкам экспериментально снятой ВАХ, и оба способа оказались эффективными. Зависимость тока от напряжения на двухполюснике, сформированном из элемента ABM-current, и ВАХ ETD весьма близки ВАХ «контрольного» диода – марки ТД 3И306Г. Рис. 8 это подтверждает. На нем показаны три графика: исходная ВАХ (диода ТД 3И306Г – кривая 1, выделена точками), ВАХ ETD (кривая 2) и ВАХ двухполюсника ABM-current (кривая 3).

Моделирование генерации. В среде Multisim построена модель цепи (рис. 9), содержащей туннельный диод ETD и элементы, параметры которых можно изменять по ходу наблюдения процессов. Для получения осциллограммы тока ТД последовательно с диодом включен датчик управляемого источника ЭДС. В результате удалось смоделировать и анализировать осциллограммы колебаний разного вида.

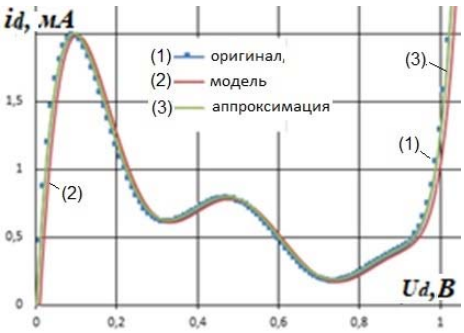


Рис. 8. ВАХ ТД 3И306Г и моделей

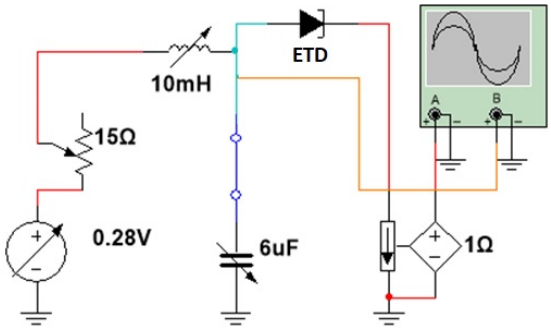


Рис. 9. Компьютерная модель цепи с диодом ETD

Согласно теории ([1, 2]) включение индуктивности в цепь с ТД должно вызывать скачкообразное движение системы (изменение тока и напряжения во времени) по траектории, показанной на рис. 10. Следствие этого – генерация колебаний релаксационного типа, что и продемонстрировали осциллограммы (рис. 11, слева). Добавление в цепь конденсатора формирует структуру подобную параллельному колебательному контуру, и при выполнении условий самовозбуждения (их обеспечивают параметрами элементов), в цепи должны генерироваться колебания томсоновского типа – подобные гармоническим. Как можно убедиться (см. рис. 11, справа), среда Multisim позволяет адекватно моделировать стационарный режим колебаний практически синусоидальной формы. «Разворачивая» осциллограммы, можно детально анализировать выход системы из состояния равновесия.

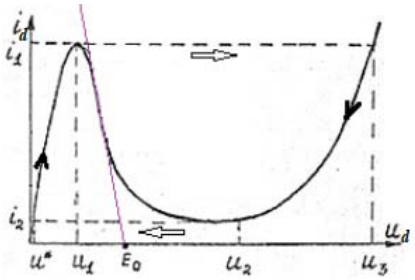


Рис. 10. Движение состояния системы

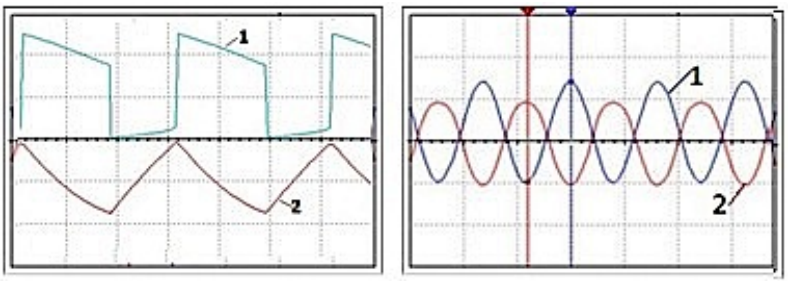


Рис. 11. Осциллограммы напряжения (1) и тока (2) релаксационных (слева) и томсоновских (справа) колебаний

Численный анализ. Для численного анализа процессов в схеме с ETD переменные уравнений системы приводят к безразмерному виду и сводят уравнения Кирхгофа к неоднородному дифференциальному уравнению второго порядка. Вывод уравнения, его вид и связь параметров уравнения с ВАХ ТД и значениями элементов схемы подробно рассмотрены в [3]. Там показано, что в состав уравнения входит нелинейная функция, аппроксимирующая ВАХ ТД полиномом, и есть параметр μ, существенно влияющий на форму генерируемых колебаний. Значение μ формируют параметры цепи, характерные точки ВАХ, напряжение источника. Для решения уравнения применен метод Рунге-Кутты. Результаты численного анализа – фрагменты фазовых портретов и эпюры колебаний напряжения и тока при различных значениях параметра μ – показаны на рис. 12 и 13.

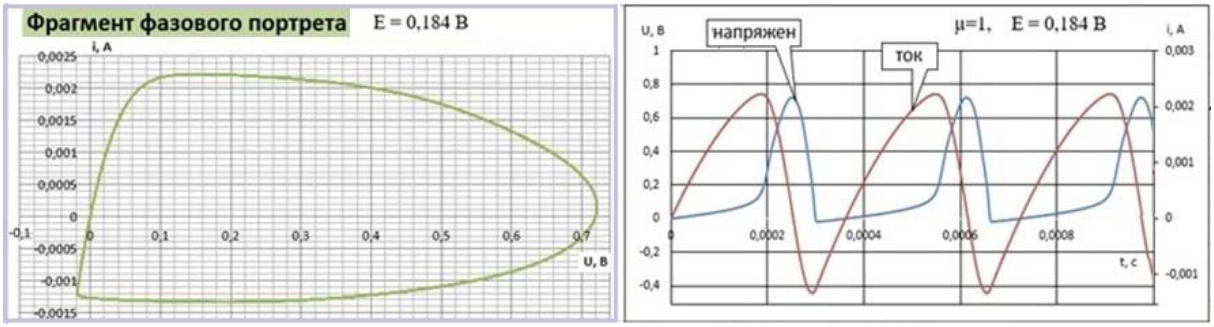


Рис. 12. Релаксационные колебания: результат анализа методом Рунге-Кутты при μ = 1

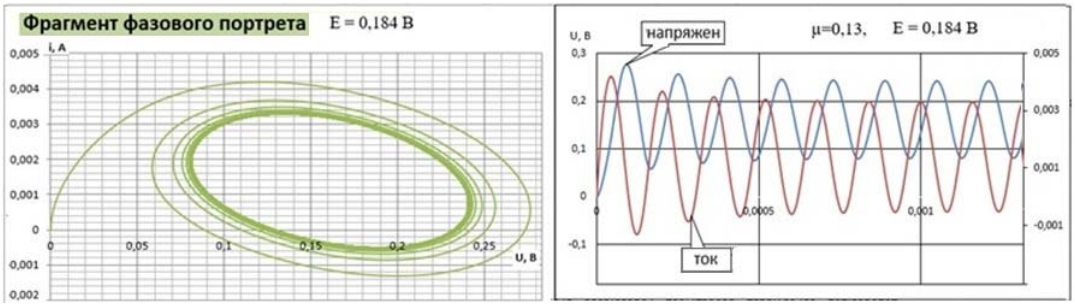


Рис. 13. Томсоновские колебания: результат анализа методом Рунге-Кутты при μ = 0,13

Численный анализ позволяет исследовать возникновение и развитие колебаний при разных значениях μ. При μ близких единице наблюдаем релаксационные колебания (рис. 12), что отвечает теории [2]. По мере увеличения емкости C параметр μ уменьшается (из [3]: обратно пропорционально $\sqrt{C}$), и колебания все более напоминают гармонические (рис. 13), а фазовые портреты – эллипсы, стягивающиеся к кривой предельного цикла. Это соответствует положению теории о принадлежности систем с малым параметром μ к классу томсоновских. Видим также: релаксационные колебания почти сразу выходят в стационарное состояние, а томсоновский процесс закручивает траекторию к предельному циклу постепенно, на протяжении нескольких периодов.

Заключение. Сочетание моделирования в среде Multisim, лабораторных исследований средствами DAQ-платформы ELVIS и численного анализа методом Рунге-Кутты позволяет всестороннее изучать колебательные явления в цепи с туннельным диодом: сгенерировать и анализировать колебания релаксационного и томсоновского типов. Показано, что данные лабораторного анализа адекватно сочетаются с результатами численного и компьютерного моделирования. Результаты работы перспективны для внедрения исследования явлений генерации в цепях с туннельным диодом в практикумы базовых дисциплин электронного профиля. Столь важный раздел образовательных программ обретает методически привлекательный вид, поскольку наглядно, с привлечением компьютерных технологий, на

основе цепи весьма простой структуры иллюстрируются важные физические явления, свойственные процессам в потенциально неустойчивых системах.

Следует особо отметить: компьютерное моделирование существенно расширяет методическое значения лабораторного практикума. Multisim-моделирование позволяет:

- манипулировать элементами схемы, непосредственно наблюдая влияние вносимых изменений на форму генерируемых колебаний;
- исследовать выход цепи из состояния равновесия и развитие колебаний;
- применять Multisim-функцию Analysis Fourier для снятия спектральных диаграмм и по их данным вычислять амплитуду первой гармоники тока туннельного диода, что необходимо для анализа стационарных колебательных режимов методом средней крутизны.

Сопровождение лабораторного практикума компьютерным моделированием и численным анализом сделает исследование комплексным, облегчит студентам изучение физических процессов в электронных устройствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конторович М.И. Нелинейные колебания в радиотехнике. – М.: «Сов. Радио», 1973. – 322 с.
2. Мартынов Б.А., Молотков В.И. Исследование автогенераторов на туннельных диодах. – Методич. указания к лабораторной работе. – Л.: Изд. ЛПИ им. М.И. Калинина, 1983. – 20 с.
3. Парфенова Е.С. «Анализ и моделирование генерации колебаний в цепи с туннельным диодом» – ВКР бакалавра / рук. Новиков Ю.Н. / СПб., фунд. библ. СПбПУ, 2019.
4. NI Multisim User Guide. – URL: https://studfiles.net/preview/2393423. – 2007. – 167 с.
5. Численное решение дифференциальных уравнений. – URL: http://orloff.am.tpu.ru/chisl_metod_labs_2/Lab2/teoriya.htm. (дата обращения: 13.03.2019).
6. NI ELVIS II. Учебный курс. – URL: http://www.ni.com/ru-ru.html. – 2009. – 129 с.

УДК 535.015, 535.8

З.А. Забалуева, Э.К. Непомнящая
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В КРОССКОРРЕЛЯЦИОННОМ СПЕКТРОМЕТРЕ

Работа посвящена оценочным расчетам интенсивности рассеяния лазерного света в кросскорреляционном спектрометре в зависимости от некоторых параметров оптической системы спектрометра, таких как эквивалентное фокусное расстояние системы линз, расходимость пучка и угол между падающими пучками, с целью увеличения отношения сигнал-шум при регистрации рассеянного света.

Метод кросскорреляции может применяться для оценки радиуса частиц размерами от единиц до сотен нанометров [1] в монодисперсных растворах и суспензиях. По сравнению с другими оптическими методами он имеет более широкие границы применимости, так как при точном и правильно рассчитанном позиционировании элементов вклад во взаимную корреляционную функцию от создающего шум многократного рассеяния на частицах исключается [2]. Это преимущество данного метода обеспечивает возможность исследования мутных неразбавленных образцов, в то время как для корректного анализа мутных растворов и суспензий другими оптическими методами необходимо подбирать растворитель, что может вызвать значительные затруднения [3]. При всех удобствах метода кросскорреляции сложность его реализации состоит в том, что детектируемая интенсивность рассеянного света очень мала, вследствие чего взаимная корреляционная функция сигналов рассеяния получается сильно зашумленной. Изменяя параметры системы регистрации рассеянного

излучения, можно изменять принимаемую интенсивность и, как следствие, отношение сигнал-шум.

Цель работы – рассчитать значения параметров оптический системы в кросскорреляционном спектрометре, при которых регистрируемая интенсивность рассеяния является максимальной.

Существуют различные кросскорреляционные схемы, отличающиеся друг от друга количеством падающих на образец пучков, геометрией взаимного расположения элементов и хода лучей, вследствие чего отличаются и алгоритмы обработки сигналов рассеяния [2, 4]. В нашем спектрометре используется двулучевая схема (рис. 1), где лазерный пучок разбивается на два равных параллельных пучка, после чего они фокусируются в одной и той же области внутри кюветы с жидким дисперсным образцом [5]. Когерентное излучение создается лазерным модулем, в который встроена система подвижных линз, позволяющих менять дальность фокусировки. Перетяжка обоих пучков должна быть в месте их пересечения. Рассеянный свет наблюдается двумя фотоприемниками в плоскости, перпендикулярной плоскости падения, так что получаются две системы пучок-фотоприемник, в каждой из которых угол рассеяния $\theta = 90°$ [6].

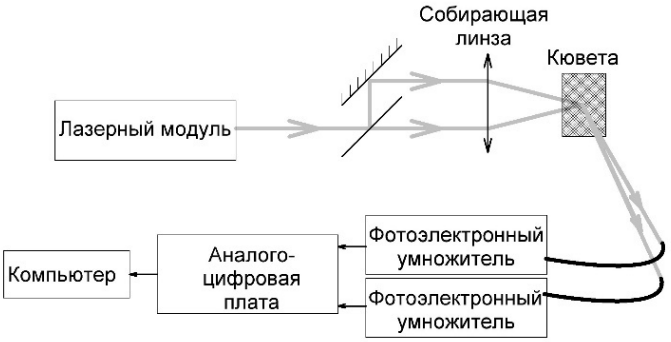


Рис. 1. Принципиальная схема кросскорреляционного спектрометра

Частицы дисперсного образца в кювете находятся в непрерывном хаотическом движении, то есть распределение показателя преломления в среде является случайным как во времени, так и в пространстве. В результате рассеяния когерентного монохроматического излучения на такой среде возникает динамическое спекл-поле. В двух точках спекл-поля рассеянный свет попадает на входную апертуру двух оптических волокон и по ним поступает в фотоэлектронные умножители, которые регистрируют флуктуации интенсивности рассеянного света. Полученные электрические сигналы подвергаются оцифровке на аналого-цифровой плате и поступают на компьютер. Вычислив взаимную корреляционную функцию интенсивности, можно оценить размер частиц в образце.

Важным неоднозначным понятием является понятие рассеивающего объема. Мы будем называть рассеивающим объемом ту область пересечения падающих пучков внутри кюветы с образцом, которая попадает в поле зрения фотоприемников. Схематичное изображение рассеивающего объема, ограниченного угловой апертурой принимающего рассеянный свет оптического волокна, приведено на рис. 2. Рассеивающий объем заштрихован. Также рассеивающий объем может быть ограничен стенками кюветы с образцом. Область пересечения падающих пучков может приближенно рассматриваться как совокупность двух равных конусов, имеющих общее основание. Диаметр этого основания равен диаметру лазерного пучка в перетяжке. В данном спектрометре используется многоволоконный патч-корд, в котором принимающие концы волокон расположены в ряд. Расстояние между центрами сердцевин двух соседних оптоволокон составляет 100 нм, в то время как излучение принимается на расстоянии порядка нескольких сантиметров, поэтому допустимо считать, что

оба фотоприемника принимают свет из одного и того же объема. На рис. 2 он изображен кругом в центре.

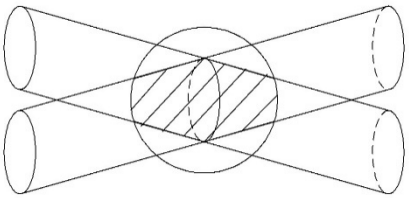


Рис. 2. Рассеивающий объем в кросскорреляционном спектрометре

В результате несложных вычислений с некоторыми упрощениями получаются следующие формулы для вычисления рассеивающего объема v для нескольких случаев:

- если рассеивающий объем не ограничен ни стенками кюветы, ни угловой апертурой оптического волокна:

$$v = \frac{f^3\alpha^3\pi}{12}\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2},$$

- если рассеивающий объем ограничен угловой апертурой оптического волокна:

$$v = \frac{f^3\alpha^3\pi}{3}\left[\frac{1}{4}\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} - 2\left(\frac{1}{2}\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} - \frac{r}{f\alpha}\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}\right)^3 \operatorname{tg}^2\frac{\beta}{2}\right],$$

- если рассеивающий объем ограничен стенками кюветы:

$$v = \frac{f^3\alpha^3\pi}{12}\left[\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} - \left(\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} - \frac{b}{2f\alpha}\right)^3 \operatorname{tg}^2\frac{\beta}{2}\right],$$

где f – эквивалентное фокусное расстояние системы линз лазерного модуля, α – расходимость лазерного излучения, β – угол между направлениями распространения падающих пучков, γ – угловая апертура фотоприемника, r – расстояние от рассеивающего объема до входной апертуры фотоприемников, b – ширина кюветы.

Средняя по времени интенсивность рассеянного света определяется следующим образом [7]:

$$I_s = \frac{2\pi^2 n_0 (dn/dc)^2 c M I_0 K v}{\lambda_0^4 N_A r^2} \cdot \sin^2\theta,$$

где n_0 – показатель преломления растворителя, dn/dc – инкремент показателя преломления раствора, c – концентрация растворенного вещества, M – молекулярная масса растворенного вещества, I_0 – интенсивность падающего света, K – коэффициент, определяемый оптической анизотропией рассеивающих частиц (фактор Кабанна), λ_0 – длина волны лазерного излучения, N_A – число Авогадро.

В соответствии с этими формулами были построены зависимости отношения интенсивности рассеянного света к интенсивности падающего I_s/I_0 от угла между падающими пучками для разных значений фокусного расстояния f (рис. 3).

Приведенные на рис. 3 графические зависимости построены для следующих значений параметров: $n_0 = 1{,}33$; $dn/dc = 0{,}186$ мл/г; $c = 0{,}005$; $M = 67$ Да; $K = 1$; $\lambda_0 = 650$ нм; $r = 5$ см; $\theta = 90°$; $\gamma = 15°$. Левый график построен для $\beta = 20°$, правый – для $\alpha = 5°$.

Также приведем графики зависимостей относительной интенсивности рассеяния от расстояния r от рассеивающего объема до входной апертуры оптического волокна при разных значениях фокусного расстояния f и самого рассеивающего объема от этого же расстояния r при тех же значениях фокусного расстояния f (рис. 4). Оба графика построены для значения $\alpha = 5\cdot10^{-3}$ рад.

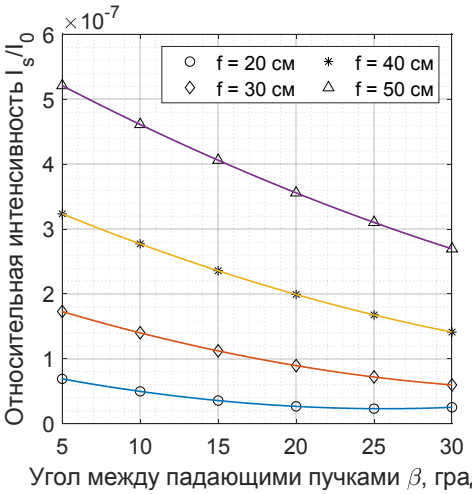


Рис. 3. График зависимости относительной интенсивности рассеяния от параметров оптической системы

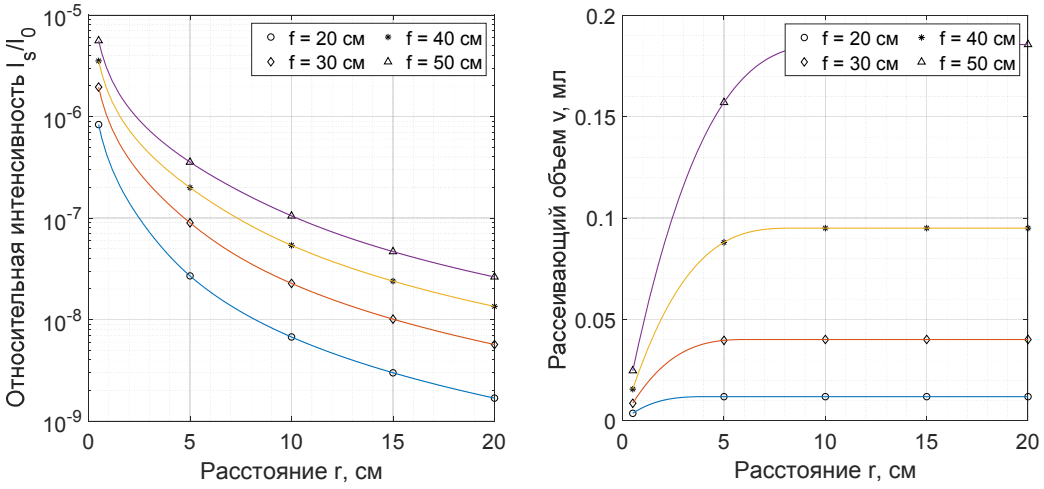


Рис. 4. Графики зависимости относительной интенсивности рассеяния и рассеивающего объема от расстояния между рассеивающим объемом и входной апертурой оптического волокна

По полученным графикам видно, что с увеличением угла между падающими пучками интенсивность рассеяния быстро спадает. Следовательно, угол между падающими пучками должен устанавливаться как можно меньше. Интенсивность рассеянного света тем больше, чем больше расходимость лазерного излучения и эквивалентное фокусное расстояние системы линз лазерного модуля, и тем меньше, чем больше расстояние от рассеивающего объема до входной апертуры оптического волокна.

В кросскорреляционном спектрометре расстояние между центрами сердцевин принимающих оптический сигнал волокон должно быть приблизительно равно среднему размеру спеклов от однократно рассеянного света. Это требование обусловлено тем, что полезную информацию о рассеивателях содержит только однократно рассеянный свет [2], а спеклы однократного рассеяния более крупные по сравнению со спеклами многократного рассеяния. Для исключения из вычисляемой взаимной корреляционной функции интенсивности шумовых вкладов от многократного рассеяния нужно, чтобы одни и те же спеклы многократного рассеяния одновременно попадали на входную апертуру обоих оптических волокон, а спеклы многократного рассеяния – нет.

Средний размер спеклов от однократно рассеянного $d_{\text{сп}}$ света определяется формулой [8]

$$d_{\text{сп}} = \frac{\lambda r}{f\alpha}.$$

Потребуем, чтобы размер спеклов $d_{сп}$ был равен расстоянию между центрами оптических волокон l, которое, как уже упоминалось, кратно 100 нм. Также необходимо, чтобы угол между падающими пучками и угол между направлениями, в которых регистрируется рассеянный свет, были равны, так как в используемой кросскорреляционной схеме должны быть равны векторы рассеяния двух систем пучок-фотоприемник.

По графикам получается, что интенсивность рассеяния убывает с ростом r, растет с ростом f, при этом r и f, исходя из последнего соотношения, должны быть прямо пропорциональны. Можно показать, что при заданных значениях расходимости лазерного излучения, фокусного расстояния собирающей линзы, угловой апертуры оптических волокон и расстояния между центрами сердцевин световодов интенсивность рассеяния полностью определяется фокусным расстоянием f. Соответствующие графики зависимости интенсивности рассеяния от эквивалентного фокусного расстояния системы линз лазерного модуля для разных значений расстояния между центрами сердцевин оптических волокон представлены на рис. 5.

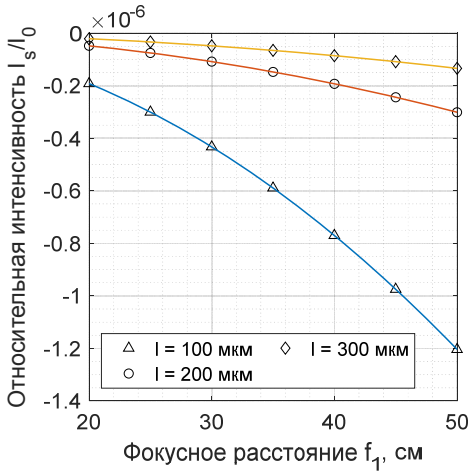


Рис. 5. График зависимости интенсивности рассеяния от эквивалентного фокусного расстояния системы линз лазерного модуля при соблюдении условия неизменности среднего размера спеклов от однократно рассеянного света

Таким образом, эквивалентное фокусное расстояние системы линз должно выбираться как можно меньше. Минимальное значение f ограничено лишь минимально физически реализуемым расстоянием между равными лазерными пучками до собирающей линзы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aberle L.B., Hulstede P., Wiegand S., Schroer W., Staude W. Effective suppression of multiply scattered light in static and dynamic light scattering // App. Opt. – 1998. – Vol. 37, N 27. – P. 6511–6524.

2. Adorjan A.J., Lock J.A., Taylor T.W., Tin P., Meyer W.V., Smart A.E. Particle sizing in strongly turbid suspensions with the one-beam cross-correlation dynamic light-scattering technique // App. Opt. – 1999. – Vol. 38, N 15. – P. 3409–3416.

3. Савченко Е.А., Непомнящая Э.К., Величко Е.Н. Комбинированная методика рассеяния света для исследования параметров коллоидов // Сборник трудов ИТНТ-2019. – 2019. – С. 428–432.

4. Непомнящая Э. К., Скворцов А. Н. Метод роя частиц для решения обратной задачи в лазерной корреляционной спектроскопии // Неделя науки СПбПУ. – 2018. – С. 127–130.

5. Zabalueva Z.A., Nepomnyashchaya E.K., Velichko E.N., Aksenov E.T. Method of Laser Cross-correlation Optical Spectroscopy for Investigation of Dispersion Medium // KnF Energy. – 2018. – Vol. 2018, N 4. – P. 281–286.

6. Witt W., Geers H., Aberle L. Measurement of Particle Size and Stability of Nanoparticles in Opaque Suspensions and Emulsions with Photon Cross Correlation Spectroscopy (PCCS) // PARTEC. – 2004.

7. Петрова Г.П., Петрусевич Ю.М., Тен Д.И. Образование дипольных комплексов в растворах белков с малой концентрацией ионов тяжелых металлов: диагностика методом лазерного светорассеяния // Квантовая электроника. – 2002. – Т. 32, № 10. – С. 897–901.

8. Ульянов С.С. Динамика спеклов и эффект Доплера // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 10. – С. 1–7.

УДК 537.322

А.С. Антонов[1], Д.А. Пшенай-Северин[1,2], С.В. Новиков[2], А.Т. Бурков[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2]Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОСИЛИЦИДА КОБАЛЬТА И СПЛАВОВ $Co_{1-x}M_xSi$ (M=Fe, Ni)

Термоэлектрические преобразователи энергии находят широкое применение в различных областях деятельности человека, а в ряде случаев являются незаменимыми. Моносилицид кобальта, исследуемый в настоящей работе, привлекает внимание тем, что обладает одним из самых высоких значений коэффициентов термоЭДС среди полуметаллов, а также обладает хорошими механическими характеристиками, которые остаются стабильными при высоких температурах [1]. Кроме того, данный материал не содержит дорогих и токсичных компонентов.

Концентрация носителей заряда в моносилициде кобальта может быть изменена путем его сплавления с моносилицидом никеля или железа. FeSi и CoSi формируют непрерывную серию твердых растворов, в то время как растворимость NiSi в CoSi ограничена 10 ат. %. При замене атомов кобальта атомами никеля происходит увеличение концентрации электронов, а при замене атомов кобальта на железо происходит ее уменьшение [2].

Чтобы повысить термоэлектрическую эффективность материала, необходимо иметь четкое представление об энергетическом спектре носителей тока. Исследование термоэлектрических свойств позволяет получить информацию о зонной структуре. Для описания термоэлектрических свойств моносилицида кобальта имеется несколько моделей с различными наборами параметров. Свойства CoSi можно понять, используя модель "жесткой зоны". Согласно этой модели, твердые растворы $Co_{1-x}Ni_xSi$ и $Co_{1-x}Fe_xSi$ имеют схожие зонные структуры. С изменением состава меняется только уровень Ферми [2].

Недавние исследования показали наличие особенностей спектра, не учитывающихся в простой модели, применяемой для описания полуметаллов [3, 4]. Более того эти исследования показали, что данный материал относится к классу веществ с нетривиальной топологией зонной структуры. Это потребовало модификации использованных ранее методов описания их транспортных свойств.

Цели и задачи работы. Целью настоящей работы является получение экспериментальных данных по кинетическим коэффициентам и анализ корректности их описания с использованием имеющихся и новых теоретических моделей. Для реализации этой цели были поставлены следующие задачи: изготовить образцы моносилицида кобальта и сплавов с замещением кобальта на железо и никель, измерить температурные зависимости термоэдс и электропроводности в диапазоне 100–800 К, провести сравнение полученных данных с имеющимися в литературе, а также провести расчет теоретических зависимостей в рамках имеющихся теоретических моделей, описанных в [5, 6], а также с учетом энергетического спектра электронов, рассчитанного из первых принципов с использованием метода функционала электронной плотности.

Методы исследования. В данной работе были исследованы образцы моносилицида кобальта и его твердых растворов с FeSi и NiSi. Исследовался диапазон составов с

содержанием железа до 12 ат. % и никеля до 10 ат. %. Материалы для получения образцов были синтезированы методом прямого сплавления. После охлаждения сплавов, они были дополнительно протянуты по методу Бриджмена для рекристаллизации. Порошковая рентгенография показала, что полученные образцы являются однофазными материалами с кубической кристаллической решеткой.

В ходе исследования были получены температурные зависимости термоэдс и электропроводности в диапазоне 100–800 К. Для измерения термоэдс был применен дифференциальный метод с постоянным градиентом температуры, а для измерения электропроводности – четырехзондовый метод. Была проанализирована возможность интерпретации полученных температурных и концентрационных зависимостей с использованием нижеследующих моделей описания электронного спектра.

Первая модель основывается на простом описании зонной структуры в виде двух зон (электронной и дырочной) со стандартным (изотропным параболическим) законом дисперсии. Электронная структура вблизи уровня Ферми в рамках первой модели представлена на рис. 1 красными пунктирными линиями.

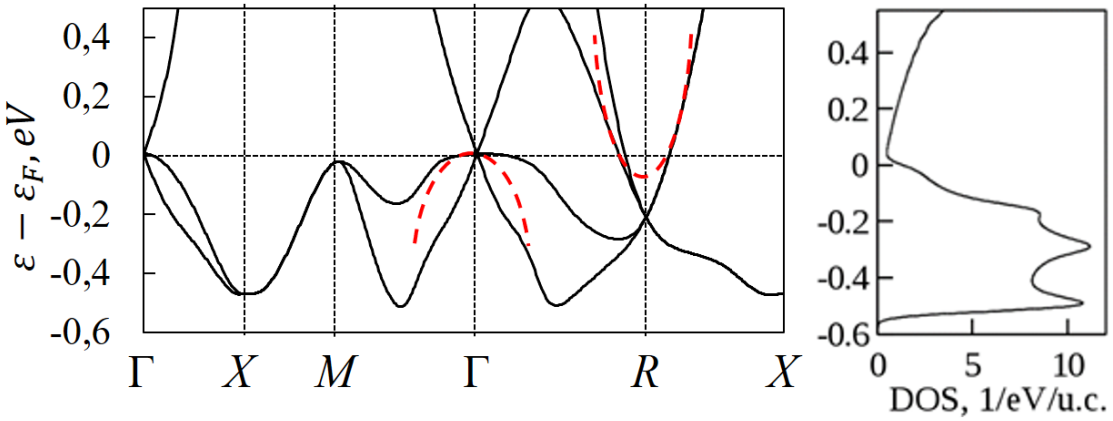


Рис. 1. Электронная зонная структура и плотность состояний (DOS) в CoSi, рассчитанная по методу функционала электронной плотности

В работах [5, 6] проводились исследования моносилицида кобальта и его твердых растворов. Для интерпретации и анализа температурных зависимостей в этих работах использовалась упрощенная зонная модель с учетом акустического рассеяния. Данная модель содержит следующие параметры: эффективные массы, величина энергетического зазора, вид энергетической зависимости времени релаксации и разность концентраций. Модель основывается на следующих допущениях:

- параметр рассеяния r, связывающий длину свободного пробега с энергией ($l \sim E^r$), равен нулю, что соответствует рассеянию на акустических фононах и точечных дефектах;
- параметр отношения подвижностей электронов и дырок не зависит от температуры;
- разность концентраций электронов и дырок не зависит от температуры;
- массы плотности состояний не зависят от температуры;
- энергия перекрытия валентной зоны и зоны проводимости линейно зависит от температуры [6].

При анализе экспериментальных зависимостей проводится подбор параметров модели таким образом, чтобы теоретически рассчитанные зависимости совпадали с экспериментальными в пределах погрешности.

Вторая модель основана на результатах расчета энергетического спектра по методу функционала электронной плотности в пакете QuantumEspresso [7]. Электронная структура вблизи уровня Ферми в рамках второй модели представлена на рис. 1 черными пунктирными линиями. Результаты расчета энергетического спектра, полученные в данной работе, хорошо

согласуются с результатами расчетов, опубликованных ранее в [3, 4]. В рамках данной модели кинетические коэффициенты могут быть рассчитаны с помощью формул, описанных в [8]. При этом для вычисления кинетических коэффициентов необходимо использовать достаточно плотную сетку в зоне Бриллюэна, что потребовало проведения дополнительных расчетов по сравнению с работами [3, 4].

В рассматриваемой модели были использованы два приближения для времени релаксации: приближение постоянного времени релаксации (CRTA) и приближение $\tau(\varepsilon)\sim 1/\big((\alpha T+\beta)g(\varepsilon)\big)$, где $\tau(\varepsilon)$ – время релаксации, α и β – коэффициенты, учитывающие рассеяние на акустических фононах и дефектах решетки соответственно, T – температура, $g(\varepsilon)$ – плотность состояний. При этом расчет с использованием $\tau(\varepsilon)$ потребовал разработки собственной программы для расчета кинетических коэффициентов.

Влияние изменения состава в данной модели учитывается через сдвиг химпотенциала в приближении "жестких зон".

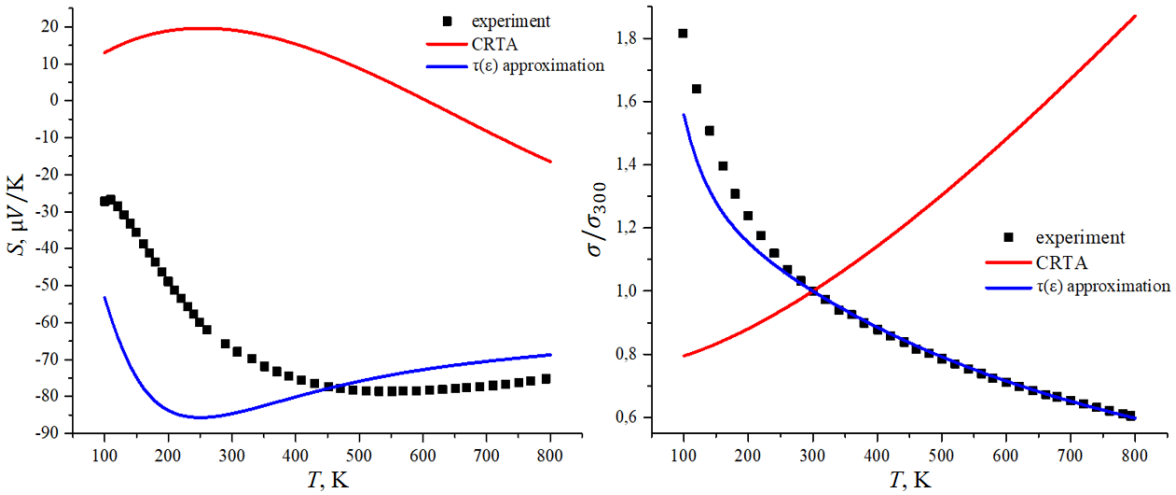


Рис. 2. Сравнение теоретических и экспериментальных температурных зависимостей коэффициентов термоэдс S и электропроводности $\sigma/\sigma(300\text{K})$ для CoSi

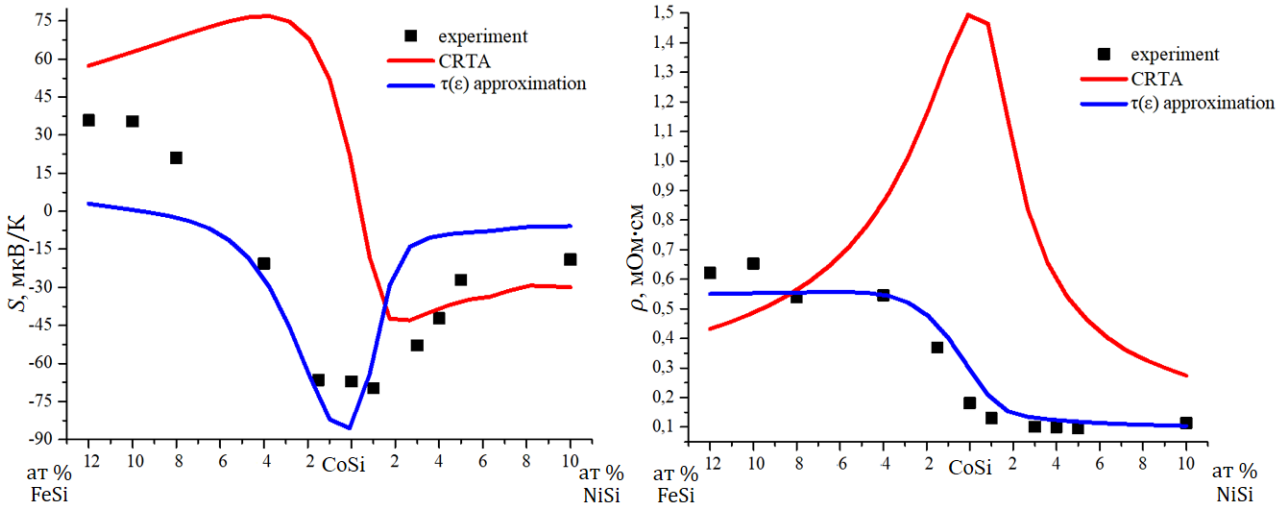


Рис. 3. Сравнение теоретических и экспериментальных концентрационных зависимостей коэффициентов S и ρ при температуре 300 К

В результате сравнения экспериментальных данных, полученных в настоящей работе и в работах [5, 6] выявлено их значительное несоответствие. Тем не менее, первая модель хорошо описывает экспериментальные зависимости при корректном подборе параметров.

Однако, из-за возможной неоднозначности выбора модельных параметров, лучше использовать расчетные данные об энергетическом спектре носителей заряда в материале.

При применении второй модели в приближении постоянного времени релаксации для интерпретации полученных данных наблюдается неспособность модели даже качественно описать экспериментально полученные температурные и концентрационные зависимости. Использование во второй модели приближения времени релаксации $\tau(\varepsilon)$, учитывающее рассеяние носителей на акустических фононах и точечных дефектах, позволяет получить качественное согласование теоретических и экспериментальных зависимостей.

На рис. 2 показано сравнение теоретических и экспериментальных температурных зависимостей коэффициентов термоэдс S и удельной электропроводности $\sigma/\sigma(300\text{К})$ в диапазоне 100–800 К.

Аналогичная картина наблюдается для концентрационных зависимостей термоэдс S и удельного сопротивления ρ. На рис. 3 показано сравнение теоретических и экспериментальных концентрационных зависимостей коэффициентов термоэдс S и удельного сопротивления ρ при температуре 300 К.

Выводы.

1) Простая двузонная модель в принципе может описать термоэлектрические свойства, но зависит от большого числа параметров, выбор которых может быть неоднозначен.

2) Для уменьшения числа параметров использовался электронный спектр, рассчитанный из первых принципов. При этом, приближение постоянного времени релаксации не позволяет даже качественно учесть зависимости кинетических коэффициентов от температуры и состава. Приближение $\tau(\varepsilon)\sim 1/\big((\alpha T+\beta)g(\varepsilon)\big)$ качественно позволяет описать основные особенности кинетических коэффициентов. Температурные зависимости для твердых растворов $Co_xFe_{1-x}Si$ свидетельствуют о более сильном вкладе рассеяния на дефектах. Для термоэдс расчет не содержит подгоночных параметров. Единственный подгоночный параметр появляется при вычислении электропроводности (определяется ее абсолютной величиной).

3) Хорошее согласие с экспериментом в предположении, что τ обратно пропорционально плотности состояний позволяет предположить, что в данных материалах важную роль играет межзонное рассеяния. В частности, наряду с положением уровня химпотенциала, оно определяет знак термоэдс.

ЛИТЕРАТУРА

1. П.В. Гельд и Ф.А. Сидоренко. Силициды переходных металлов четвертого периода. – М.: Металлургия, 1971, 584 с.

2. Fedorov M.I. and Zaitsev V.K. CRC Handbook of Thermoelectrics, 1995, p. 321–328 // Semimetals as materials for thermoelectric generators.

3. Sakai A., Ishii F., Onose Y. Journal of the Physical Society of Japan, 2007, vol. 76, No. 9, p. 1–4 // Thermoelectric power in transition-metal monosilicides.

4. D.A. Pshenay-Severin et al. J. Phys.: Condens. Matter, 2018, Vol. 30 Article No: 135501, 7 p.

5. Asanabe S., Shinoda D., Sasaki Y. Physical Review, 1964, vol. 134, No. 3A, p. A774–A779 // Semimetallic properties of $Co_{1-x}Fe_xSi$ solid solutions.

6. М.И. Федоров. Термоэлектрические и оптические свойства некоторых материалов на основе моносилицида кобальта. – Л., 1961. – 151 с.

7. P. Giannozzi, O. Andreussi, T. Brumme et al. J. Phys.: Condens. Matter, 2017, vol. 29, article No: 465901, 30 p.

8. G. Pizzi, D. Volja, B. Kozinsky et al. Computer Physics Communications, 2014, vol. 185, p. 422–429.

УДК 538.958

Г.А. Гусев
Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе РАН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАХВАТА ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫМИ УРОВНЯМИ Eu^{3+} В МАТРИЦЕ YAG

Широкозонные материалы, активированные редкоземельными ионами, представляют значительный интерес как сцинтилляторы, люминофоры и лазерные кристаллы [1, 2]. В сцинтилляционных материалах высокоэнергетическое возбуждение преобразовывается в оптическое излучение [3]. В связи с этим, при разработке новых сцинтилляционных материалов важно понимать, каким образом происходит захват высокоэнергетического возбуждения излучательными уровнями. Одним из важных шагов в подобном исследовании является определение эффективности захвата высокоэнергетического возбуждения различными излучательными уровнями. Это необходимо как при разработке новых, так и для улучшения уже имеющихся сцинтилляционных материалов. В данной работе использовалась методика экспериментальной оценки этой эффективности при возбуждении потоком электронов. Исследовался иттрий-алюминиевый гранат, активированный ионами Eu^{3+}. Спектры излучения Eu^{3+} в красном диапазоне достаточно хорошо изучены при низкоэнергетическом фотовозбуждении, в том числе в YAG [4–6]. При высокоэнергетическом возбуждении (например, облучении электронами с энергией 1–40 кэВ), в спектре люминесценции ионов европия 3+ наблюдаются полосы излучения в диапазоне от ультрафиолетового до красного [7]. Полосы люминесценции Eu^{3+} соответствуют переходам с различных энергетических уровней.

Цель данной работы – оценить вероятность захвата возбуждения различными излучательными уровнями европия в монокристалле $YAG:Eu^{3+}$, выращенном методом горизонтальной направленной кристаллизации.

Образец закреплялся в измерительной кассете эпоксидной смолой, после чего полировался. Затем, на него была нанесена углеродная пленка для обеспечения проводимости при помощи вакуумного поста JEE4C (JEOL, Япония).

Однородность образца анализировалась методом рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), а также на основании катодолюминесцентных изображений. РСМА проводился при ускоряющем напряжении U = 20 кВ, поглощенном токе I = 16 нА и диаметре электронного пучка d = 2 мкм. В качестве эталона для количественного элементного анализа Y и Al использовался монокристалл YAG ($Y_3Al_5O_{12}$), а для европия – $EuPO_4$. В качестве аналитических линий использовались Lα Y, Kα Al и Lα Eu. Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии. Основным методом исследования являлась локальная катодолюминесценция (КЛ). Эксперименты выполнялись на электронно-зондовом микроанализаторе Camebax (Франция), оборудованном оптическим спектрометром для регистрации КЛ спектров в видимом диапазоне [8]. Спектр КЛ был получен при ускоряющем напряжении электронов U = 20 кВ, поглощенном токе I = 20 нА, диаметре электронного пучка d = 2 мкм. Разгорание полос излучения исследовалось в режиме отклонения электронного пучка. Временное разрешение составляло 0.1 мкс.

Определение эффективности захвата возбуждения излучательными уровнями проводилось на основе измерения зависимости времени разгорания полосы излучения от плотности тока первичного электронного пучка. При этом предполагалось, что механизм излучения центра люминесценции может быть описан двухуровневой моделью [9, 10]. Основными условиями применимости данного приближения являются сильная локализация возбужденного и основного состояний и очень слабое взаимодействие между возбужденными уровнями. Данная система применима к излучательным уровням Eu^{3+} в YAG при низкой

концентрации активатора. В рамках этой модели интенсивность люминесценции пропорциональна содержанию возбужденных центров. Скорость изменения количества возбужденных центров определяется двумя процессами: захватом возбуждения и спонтанной дезактивацией. Скорость изменения количества возбужденных центров можно описать следующим выражением:

$$\frac{dn_1}{dt} = LJn_0 - n_1P, \quad (1)$$

где n_0, n_1 – количество возбужденных и невозбужденных центров люминесценции соответственно, J – плотность тока первичного электронного пучка (А/м^2), P – скорость спонтанного перехода (с$^{-1}$), L – коэффициент, пропорциональный эффективности захвата возбуждения излучающим уровнем (м^{2}с$^{-1}$А$^{-1}$) при облучении электронным пучком.

Тогда, динамика интенсивности КЛ с момента начала возбуждения описывается следующим выражением:

$$I \sim \frac{LJN\tau_{rad}^{-1}}{LJ+\tau^{-1}}(1 - \exp(-(LJ + \tau^{-1})t), \quad (2)$$

где τ_{rad} – время жизни излучательного перехода, τ – эффективное время перехода учитывая скорость безызлучательной потери энергии, N – сумма возбужденных и невозбужденных центров люминесценции. Как видно из уравнения, скорость разгорания $(\tau_{rise})^{-1} = LJ + \tau^{-1}$ зависит не только от времени жизни возбужденного уровня, но также от плотности тока первичного электронного пучка и коэффициента L. Этот коэффициент показывает количество актов возбуждения центров люминесценции за единицу времени при плотности тока 1 А/м^2. Он позволяет оценить эффективность возбуждения центра люминесценции для различных излучательных полос активатора.

При выключении электронного пучка динамика интенсивности КЛ выглядит следующим образом:

$$I \sim \frac{LJN\tau_{rad}^{-1}}{LJ+\tau^{-1}} \exp(-\tau^{-1}t). \quad (3)$$

Выражение (3) показывает, что время затухания интенсивности КЛ не зависит от плотности тока первичного электронного пучка. Имеется зависимость только от природы центров люминесценции и скорости безызлучательной рекомбинации.

Времена затухания и разгорания были определены аппроксимированием экспонентой полученных динамических кривых для участков нарастания интенсивности КЛ и ее затухания. По наклону зависимости скорости разгорания $(\tau_{rise})^{-1}$ от плотности тока первичного пучка (J) была оценена эффективность катодолюминесценции L. Также, отсечение этой зависимостью оси ординат должно происходить на отметке, равной значению времени затухания. Это следует из используемой модели. Таким образом, с помощью определения времени затухания можно проверить правильность полученных коэффициентов L.

Методом РСМА было установлено, что образец является однородным и содержит 0.02 ат.% европия. Гомогенность образца подтверждается катодолюминесцентным изображением (вставка на рис. 1).

На рис. 1 представлен полученный спектр катодолюминесценции YAG:Eu^{3+}. Расшифровка спектра КЛ производилась на основании литературных данных [4, 7, 11].

Для полос излучения, соответствующих переходам $^5D_0$-$^7F_1$ (591.1 нм), $^5D_1$-$^7F_2$ (551.2 nm), $^5D_2$-$^7F_1$ (474.2 nm), были получены кинетические зависимости в режиме отклонения пучка (рис. 2a). Для каждого излучательного перехода была экспериментально определена зависимость обратного времени нарастания интенсивности КЛ с момента начала возбуждения от плотности тока первичного электронного пучка (рис. 2b). При этом зависимость обратного времени разгорания от плотности тока для всех переходов имеет линейный характер. По наклону полученных зависимостей было определено значение коэффициента L – эффективности захвата возбуждения. Величина L для переходов $^5D_0$-$^7F_1$, $^5D_1$-$^7F_2$, $^5D_2$-$^7F_1$ равна 70, 708, 1048 мкм^{2}мс$^{-1}$нА$^{-1}$ соответственно. Из полученных данных видно, что для этого

образца при данных условиях эксперимента, чем с более высокоэнергетического уровня происходит переход, тем более эффективно захватывается излучение. При этом, для перехода $^5D_0$-$^7F_1$ кривая разгорания аппроксимируется двумя экспонентами (*L* представлена для более длинного показателя, соответствующего по порядку времени затухания). Это может быть связано с ограниченностью двухуровневой модели при наличии широкой дефектной полосы в спектре.

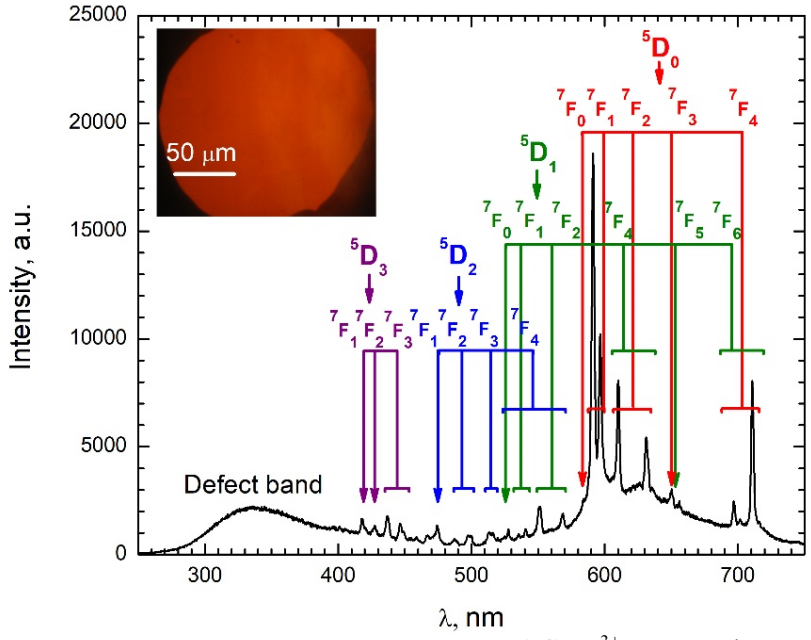


Рис. 1. Спектр катодолюминесценции монокристалла YAG:Eu^{3+} с расшифровкой излучательных полос. На вставке в левом верхнем углу – катодолюминесцентное изображение того же монокристалла в расфокусированном электронном пучке

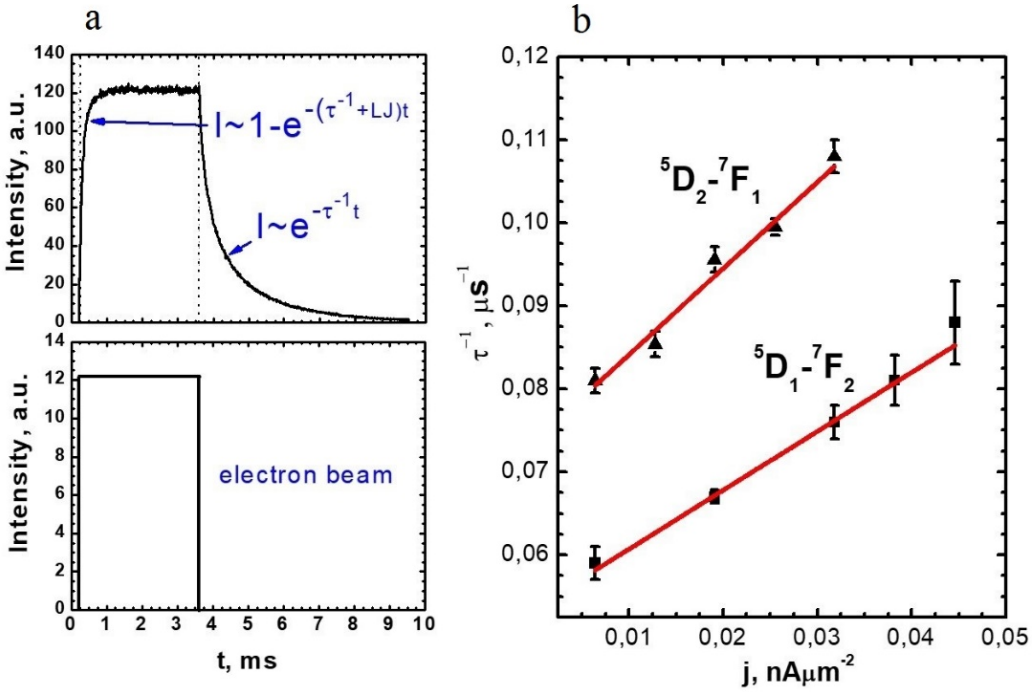


Рис. 2. a) Пример временной зависимости интенсивности КЛ полосы излучения Eu^{3+} в YAG (0.25 мс – момент включения электронного пучка, 3.55 мс – момент его выключения);
b) Зависимости обратного времени нарастания интенсивности КЛ иона Eu^{3+} от плотности тока первичного электронного пучка для излучательных полос $^5D_1$-$^7F_2$ и $^5D_2$-$^7F_1$

В табл. 1 представлены все полученные коэффициенты *L* и времена затухания для выбранных излучательных уровней. Величины времени затухания указывают на правильность определения коэффициента *L*.

Таблица 1. Времена затухания и коэффициенты *L* для переходов с различных излучательных уровней европия в матрице YAG

Переход	**Время затухания, мкс**	**Коэффициент L, мкм^{2}мс$^{-1}$нА$^{-1}$**
$^5D_0$-$^7F_1$	3800±350	70±9
$^5D_1$-$^7F_2$	16.7±0.4	708±80
$^5D_2$-$^7F_1$	6.2±0.2	1048±112

Выводы. Для полос излучения Eu^{3+}, соответствующих переходам $^5D_0$-$^7F_1$ (591.1 нм), $^5D_1$-$^7F_2$ (551.2 нм), $^5D_2$-$^7F_1$ (474.2 нм) был определен коэффициент *L*. Для вышеназванных переходов он равен 70, 708, 1048 мкм^{2}мс$^{-1}$нА$^{-1}$ соответственно. Таким образом, чем с более высокоэнергетического уровня происходит переход, тем более эффективно захватывается излучение.

Наличие двух экспонент в аппроксимации разгорания интенсивности полосы излучения перехода $^5D_0$-$^7F_1$ указывает на необходимость теоретического дополнения используемой двухуровневой модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.J. Steckl, J.M. Zavada, MRS Bull, 1999, vol. 24, p. 16–20 // Photonic applications of rare-earth-doped materials.

2. S. Tripathi, R. Tiwari, A.K. Shrivastava, V.K. Singh, N. Dubey, V. Dubey, Optik, 2018, vol. 157, p. 365–381 // A review reports on rare earth activated $AZrO_3$ (A= Ba, Ca, Sr) phosphors for display and sensing applications.

3. P.A. Rodnyi, CRC press, New York, 1997 // Physical processes in inorganic scintillators.

4. I.E. Kolesnikov, D.V. Tolstikova, A.V. Kurochkin, A.A. Manshina, M.D. Mikhailov, Opt. Mater., 2014, vol. 37, p. 306–310 // Eu^{3+} concentration effect on luminescence properties of YAG: Eu^{3+} nanoparticles.

5. M. Mączka, A. Bednarkiewicz, E. Mendoza-Mendoza, A.F. Fuentes, L. Kępiński, Mater. Chem. Phys., 2014, vol. 143, p. 1039–1047 // Low-temperature synthesis, phonon and luminescence properties of Eu doped $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG) nanopowders.

6. A.K. Parchur, R.S. Ningthoujam, S.B. Rai, G.S. Okram, R.A. Singh, M. Tyagi, S.C. Gadkari, R. Tewari, R.K. Vatsa, Dalton Trans., 2011, vol. 40, p. 7595–7601 // Luminescence properties of Eu^{3+} doped $CaMoO_4$ nanoparticles.

7. K. Binnemans, Coord. Chem. Rev., 2015, vol. 295, p. 1–45 // Interpretation of europium (III) spectra.

8. M.V. Zamoryanskaya, S.G. Konnikov, A.N. Zamoryanskii, Instrum. Exp. Tech., 2004, vol. 47, p. 477–483 // A high-sensitivity system for cathodoluminescent studies with the Camebax Electron Probe Microanalyzer.

9. M.V. Zamoryanskaya, A.N. Trofimov, Opt. Spectrosc., 2013, vol. 115, p. 79–85 // Cathodoluminescence of radiative centers in wide-bandgap materials.

10. M.V. Zamoryanskaya, A.Y. Valters, Opt. Spectrosc., 1994, vol. 76, p. 546–550 // Effect of excitation power on the cathodoluminescence spectra of rate-earth ions in oxide crystals.

11. M. Dejneka, E. Snitzer, R.E. Riman, J. Lumin., 1995, vol. 65, p. 227–245 // Blue, green and red fluorescence and energy transfer of Eu^{3+} in fluoride glasses.

УДК 539.12

А.Е. Шмидт[1,2], Е.В. Соболева[1,3], Д.С. Виноградова[1], В.Р. Сергеев[1,3], М.А. Суржик[1]
[1]Петербургский институт ядерной физики, НИЦ «Курчатовский институт»
[2]НИЦ «Курчатовский институт»
[3]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *IN VITRO* РЕКОМБИНАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНОЙ ХИМЕРНОЙ ФОРМЫ ГЛЮКОАМИЛАЗЫ

Глюкоамилаза (ГА, КФ3.2.1.3, α-1,4-глюкан-глюкогидролаза) – гликопротеин, принадлежащий к семейству гликозид-гидролаз GH15, катализирующий реакцию гидролиза α-1,4- и α-1,6-гликозидных связей в полимерах и олигомерах глюкозы. Фермент широко распространен в природе как среди прокариот, так и эукариот. Глюкоамилаза в составе различных ферментативных смесей широко используется в пищевой промышленности, при производстве биоэтанола, для повышения перевариваемости сельскохозяйственных кормов, в текстильной промышленности для расшлихтовки тканей и в химической промышленности при производстве моющих средств [1]. Промышленная значимость глюкоамилазы стимулировала изучение как физико-химических свойств самого фермента, так и генно-инженерных аспектов его потенциальных производителей, в особенности филаментных грибов и дрожжей.

Несмотря на высокую термостабильность, глюкоамилазы из гипертермофильных бактерий и архебактерий не применяются в промышленном производстве из-за их сравнительно низкой активности. Вместо этого используется глюкоамилаза гриба *A. awamori*, которая имеет высокую активность при 37–60^{o}C, но необратимо инактивируется при более высоких температурах. При этом данный фермент не удовлетворяет жестким требованиям современных промышленных биореакторов, так как большинство технологических процессов проходят при температурах выше 80^{o}C. Зачастую это вынуждает производителей вести производство при пониженных температурах. Получение высокотермостабильной формы глюкоамилазы гриба *Asp. awamori* позволит осуществлять одностадийный комбинированный гидролиз полисахаридов при максимально высоких температурах, что приведет к значительному увеличению скорости реакции и уменьшению себестоимости конечных продуктов.

Для увеличения термостабильности ГА использовались методы белковой инженерии, включающие сайт-направленный мутагенез на основе компьютерного моделирования [2, 3] и молекулярной динамики [4]. Но наиболее успешными по увеличению термостабильности ГА оказались работы, авторы которых использовали метод направленной эволюции [5]. В настоящей работе мы применили метод направленной эволюции для получения в клетках *Pichia pastoris* новых термостабильных форм ГА, исследовали их активность и термостабильность.

Для получения мутантных форм глюкоамилазы с увеличенной термостабильностью нами использовались методы направленной эволюции. Общая схема эксперимента представлена на рис. 1 и описана нами в предыдущих публикациях [6, 7]. ДНК библиотеки различных мутантов глюкоамилазы получали с помощью сайт-насыщающего мутагенеза или с помощью *in vitro* рекомбинации. Сайт-насыщающий мутагенез проводили с помощью ПЦР с использованием мегапраймера [8] и iProof полимеразы (Bio-Rad) согласно протоколу производителя. *In vitro* рекомбинацию генов, кодирующих термостабильные мутантные формы ГА, проводили с использованием ДНКазы I и ПЦР [9]. Полученные библиотеки генов клонировали в эписомную плазмиду pPEHα, содержащую концевой участок гена глюкоамилазы, с помощью *in vivo* рекомбинации в дрожжах *Pichia pastoris* [10].

Далее проводили отбор клеток-трансформантов, экспрессирующих активную глюкоамилазу. Для этого клоны растили на полутвердой экспрессионной среде MMST с метанолом и 0,05% крахмалом в течение трех суток при 30°С, после чего чашки Петри помещали в пары йода. Поскольку секретируемая в культуральную среду ГА расщепляла крахмал, то о наличии фермента судили по неокрашенным пятнам вокруг колоний.

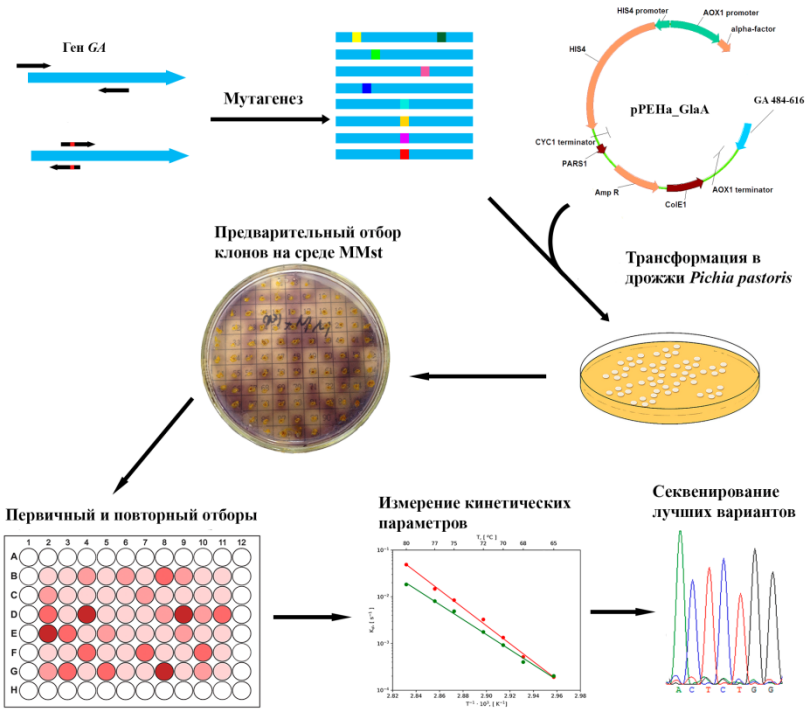


Рис. 1. Общая схема отбора клеток-трансформантов, экспрессирующих глюкоамилазу с улучшенными характеристиками

Каждый клон, проявляющий глюкоамилазную активность, растили в жидкую экспрессионной среде в 96-луночных планшетах в течение 3-х суток при 30°С и 250 об/мин, после чего центрифугировали. Далее определяли глюкоамилазную активность в супернатанте при pH 4,5, после чего проводили инактивацию в течение 5 мин и измеряли остаточную активность для каждого клона. Полученные значения сравнивали с исходной активностью относительно белка дикого типа. Трансформанты, продуцирующие мутантные формы глюкоамилазы с повышенной термостабильностью, повторно экспрессировали в 2 мл культуральной среды в 24-х луночном планшете 72 часа при 30°С и 250 об/мин. Затем культуральную жидкость инактивировали при 75°С в течение 5, 6 и 7 мин, после чего результаты измерений сравнивали с данными первичного отбора. Мутантные формы, дважды показавшие более высокую термостабильность по сравнению с белком дикого типа, отбирали для дальнейших исследований.

Выделение и очистку термостабильных мутантных форм белка проводили как описано в работах [3, 7]. Каталитические константы и константы инактивации определяли методами, описанными в работах [3, 7]. Далее проводили секвенирование по Сэнгеру для идентификации образовавшихся мутаций.

Результаты. Ранее с помощью случайного мутагенеза нами были получены семь мутантных форм ГА с повышенной термостабильностью. Результаты секвенирования показали, что две мутантных формы имели одиночные аминокислотные замены Val301Asp, Thr390Ala, четыре – двойные Thr390Ala/Ser436Pro, Leu7Met/His391Tyr, Asn9His/Ile82Phe, Ser8Arg/Gln338Leu [7], и одна – тройную Val59Ala/Asn80Ser/Ser394Arg [6].

В настоящей работе с помощью сайт-насыщающего мутагенеза были получены две новые мутантные формы ГА с аминокислотными заменами Ser394Pro и Val59Ala/Ala246Thr. После выделения и очистки для каждой мутантной формы были измерены их каталитические константы k_{cat} и константы инактивации при семи различных температурах в диапазоне от 65°C до 80°C. В табл. 1 приведены значения изменения свободной энергии термоинактивации $\Delta\Delta G^{\neq}$ и каталитической активности мутантных форм относительно белка дикого типа. Из всех мутантных форм, найденных нами с помощью случайного и сайт-насыщающего мутагенеза, Val59Ala/Ala246Thr оказалась самой термостабильной, однако её каталитическая активность оказалась почти в 2 раза ниже, чем у ГА дикого типа.

Таблица 1. Изменение свободной энергии термоинактивации
и относительная каталитическая активность мутантных форм глюкоамилазы

	$\Delta\Delta G^{\neq}$ (кДж/моль)			
ГА	70°C	75°C	80°C	Относительная активность
Ser394Pro	1,11	1,83	2,55	1,19 ± 0,01
Val59Ala/Ala246Thr	1,81	2,99	4,17	0,58 ± 0,01
6B9	2,88	3,88	5,00	1,10 ± 0,01

Аминокислотные замены найденных мутантных форм использовались при создании химерных белков с увеличенной термостабильностью с помощью *in vitro* рекомбинации. В результате отбора 1000 дрожжевых клонов были получены пять химерных глюкоамилаз, из которых самой термостабильной была мутантная форма 6B9, содержащая пять аминокислотных замен: Ala1Glu, Val59Ala, Ala246Thr, Thr390Ala, Ser436Pro. Остаток Ala1 находится в неструктурированном участке белка с высокой степенью подвижности, в связи с чем новая замена Ala1Glu может быть или нейтральной, или стабилизирующей благодаря взаимодействию карбоксильных групп Glu1 и Ser5.

Кинетические параметры ферментативного гидролиза мальтозы измерялись при pH 4,5 и 50°C. Стандартная ошибка была определена в результате трёх измерений. Относительная активность была рассчитана из отношения каталитической активности k_{cat} мутантного варианта ГА к каталитической активности белка дикого типа.

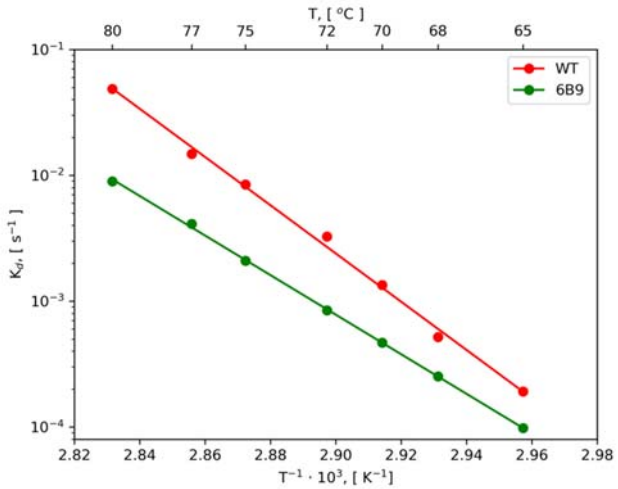


Рис. 2. График зависимости констант инактивации от температуры

Из данных графика (рис. 2) видно, что полученная ГА 6B9 обладает улучшенными показателями термостабильности относительно ГА дикого типа на протяжении всего диапазона температур. Данная мутантная форма содержит аминокислотные замены двойных мутантов Val59Ala/Ala246Thr и Thr390Ala/Ser436Pro, чьи значения изменения свободной энергии $\Delta\Delta G^{\neq}$ при 80°C составляли 4,17 и 3,1 кДж/моль [7] соответственно. Однако $\Delta\Delta G^{\neq}$ для ГА 6B9 составила лишь 5.0 кДж/моль, то есть наблюдается слабый аддитивный эффект данных замен. При этом в отличие от двойного мутанта Val59Ala/Ala246Thr, каталитическая константа 6B9 незначительно отличалась от константы дикого типа.

Таким образом, нами была получена мутантная формы глюкоамилазы, обладающая повышенной термостабильностью по сравнению с ферментом дикого типа, и способная функционировать при 80°C.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-01003.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar P., Satyanarayana T. Microbial glucoamylases: characteristics and applications // Crit Rev Biotechnol. 2009. 29 (3). P. 225–255.

2. M.A. Surzhik, S.V. Churkina, A.E. Shmidt, A.V. Shvetsov, T.N. Kozhina, D.L. Firsov, L.M. Firsov, and M.G. Petukhov. The effect of Point Amino Acid Substitutions in an Internal α-helix on Thermostability of Aspergillus awamori X-100 Glucoamylase // Applied Biochemistry and microbiology. 2010. V. 46. No 2. P. 206–211.

3. M.A. Surzhik**,** A.E. Schmidt, E.A. Glazunov, D.L. Firsov, and M.G. Petukhov. Introduction of Additional Thiol Groups into Glucoamylase in Aspergillus awamori and Their effect on the Thermal Stability and Catalytic Activity of the Enzyme // Applied Biochemistry and Microbiology. 2014. Vol. 50. No. 2. P. 118–124.

4. Liu H.-L., Wang W.-C. Protein engineering to improve the thermostability of glucoamylase from Aspergillus awamori based on molecular dynamics simulations // Protein Eng. 2003. 16. P. 19–25.

5. Allison McDaniel, Erica Fuchs, Ying Liu and Clark Ford Directed evolution of Aspergillus niger glucoamylase to increase thermostability // Microbial Biotechnology. 2008. **1**(6). P. 523–531.

6. Е.В. Соболева, А.Е. Шмидт, В.Р. Сергеев, Е.А. Глазунов, М.А. Суржик. Получение нового термостабильного варианта глюкоамилазы гриба Aspergillus Awamori X100 методом направленной эволюции // (2016) Сборник лучших докладов, Неделя Науки СПбПУ, 2016, стр. 152–156.

7. Alexander Schmidt, Alexey Shvetsov, Elena Soboleva, Yury Kil, Vladimir Sergeev, Marina Surzhik. Thermostability improvement of Aspergillus awamori glucoamylase via directed evolution of its gene located on episomal expression vector in Pichia pastoris cells // Protein Eng Des Sel. DOI: 10.1093/protein/gzz048.

8. Arun K. Datta. Efficient amplification using 'megaprimer' by asymmetric polymerase chain reaction // Nucleic Acids Research, 1995, Vol. 23, No. 2. P. 4530–4531

9. Huimin Zhao and Frances H. Arnold. Optimization of DNA shuffling for high fidelity recombination. // Nucleic Acids Research, 1997, Vol. 25, No. 6. P. 1307–1308.

10.Lin-Cereghino J.L., Wong W.W., Xiong S., Giang W., Luong L.T., Vu J., Johnson S.D., Lin-Cereghino G.P. Condensed protocol for competent cell preparation and transformation of the methylotrophic yeast Pichia pastoris. // Biotechniques, 2005. 38 (1). P. 44–48.

УДК 621.396.621

И.А. Борейчук
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО КОНФИГУРИРУЕМОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО ПОНИЖАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В ПЛИС

При работе с спутниковыми системами связи на приемной стороне важную роль играет цифровое понижающее преобразование. Современные АЦП имеют частоты дискретизации до

единиц ГГц, что превышает символьные скорости передачи данных на несколько порядков. Также появляется ограничение, что частота дискретизации сигнала превышает вычислительную скорость устройств цифровой обработки сигналов, а обработка нескольких каналов в реальном времени вызывает большие трудности [1, 2]. На решение этой проблемы направлена данная разработка.

Требования к разработке. Аппаратная платформа – ПЛИС Xilinx Kintex Ultrascale xcku060. Входная полоса частот – 400 МГц. Требуемый диапазон коэффициентов децимации: 8 – 16384. Число каналов – 16. Требуемая вероятность ошибки $P_{ош} \le 10^{-4}$: для следующих типов модуляции: BPSK, 8-PSK, M-QAM (M ≤ 64), M-APSK (M ≤ 64) при когерентном приеме и демодуляцией с жесткими решениями.

В качестве метрики оценки качества сигнала на выходе используется оценка MER (англ. Modulation Error Ration) [3]. По данной метрике для приведенных типов модуляции нижняя граница MER на выходе равна 25,8 дБ. Данный параметр определяет границу допустимых искажений, вносимых цифровым понижающим преобразователем.

Архитектура многоканального понижающего преобразователя. Разработанная архитектура шестнадцати канального понижающего преобразователя представлена на рис. 1. Первые каскады смесителей и дециматоров выполняют перекрытие входной полосы частот в 400 МГц, в соответствии с чем была выбрана тактовая частота ПЛИС – 200 МГц. Дециматоры нулевого уровня имеют фиксированный коэффициент децимации, равный четырем и двухстороннюю полосу пропускания $0.42 \cdot F_s / 2 = 84\,МГц$.

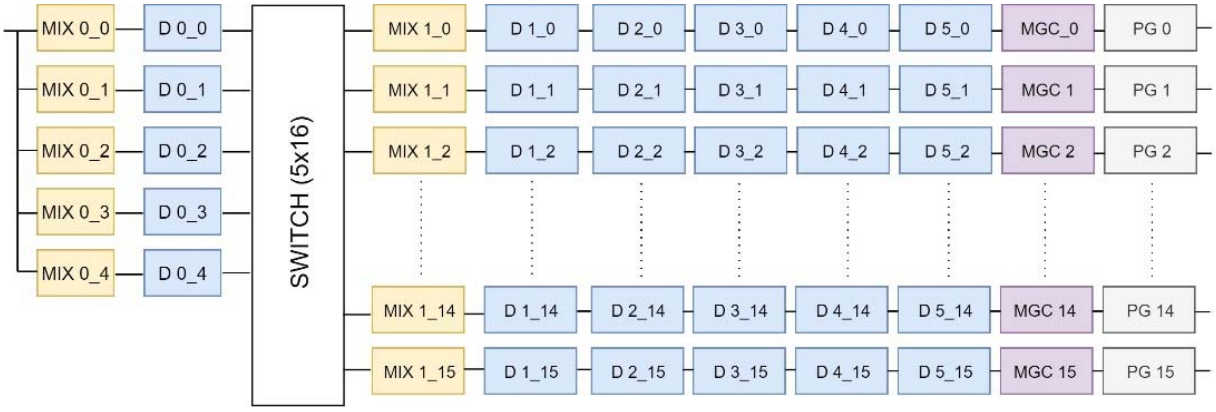


Рис. 1. Архитектура многоканального понижающего преобразователя

Таблица 1. Коэффициенты децимации

Номер этапа	0	1	2	3	4	5
Коэф-ты децимации	4	2	1 - 4	1-8	1-8	1-8

После стоит конфигурируемый коммутатор, распределяющий захваченные каналы по ветвям обработки, где выполняется частотная настройка на конкретный канал с последующим цифровым понижающим преобразованием до требуемой скорости. Реализуемые коэффициенты децимации на каждом этапе представлены в табл. 1.

Выбор коэффициентов выполнялся на основании требований к качеству фильтрации, требований к полосе пропускания и возможности вычислительного ресурса ПЛИС, а именно блоков умножения DSP48, на которых и реализуются структуры фильтров.

Обозначения на схеме: MIX – смесители, D – дециматоры, MGC (англ. Manual control gain) – блок ручной регулировки усиления, PG (англ. Package Generator) – формирователь пакетов.

После понижающего преобразования в каждом канале стоят блоки ручной регулировки усиления, затем отсчеты поступают на формирователи пакетов, которые реализуют пакетную передачу данных в следующие узлы цифровой обработки.

Конфигурируемые смесители. Основными элементами для реализации смесителей являются: комплексный умножитель (рис. 2) и генератор опорного колебания (рис. 3). Для формирования опорных колебаний используются генераторы цифрового синтеза, создаваемые на основе IP-ядер от Xilinx: DDS Compiler. Реализованные генераторы имеют возможность задания частоты генерируемого сигнала во время работы. Параметры реализованных DDS: точность перестройки по частоте – 1 Гц, уровень SFDR – 80 дБ.

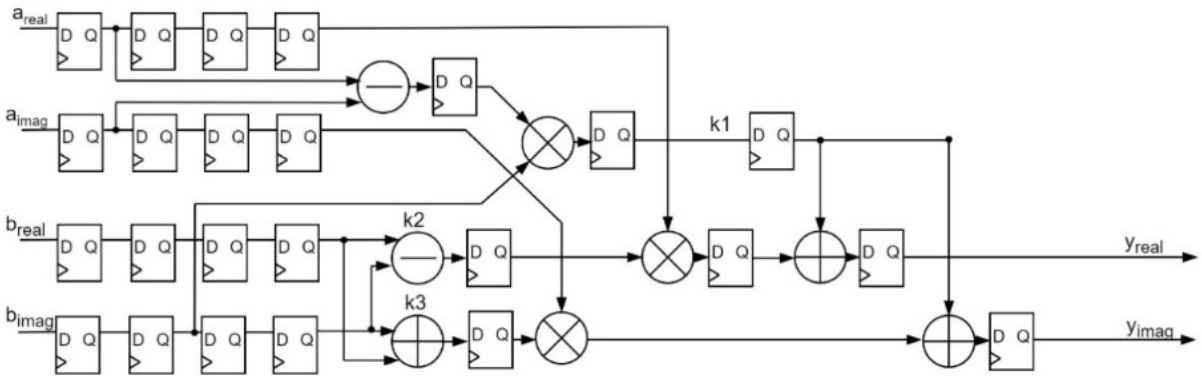


Рис. 2. Структурная схема комплексного умножителя

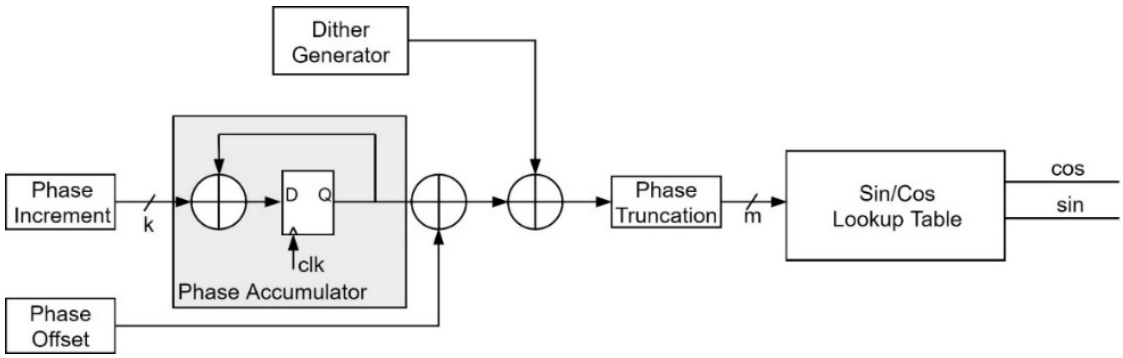


Рис. 3. Структурная схема опорного генератора

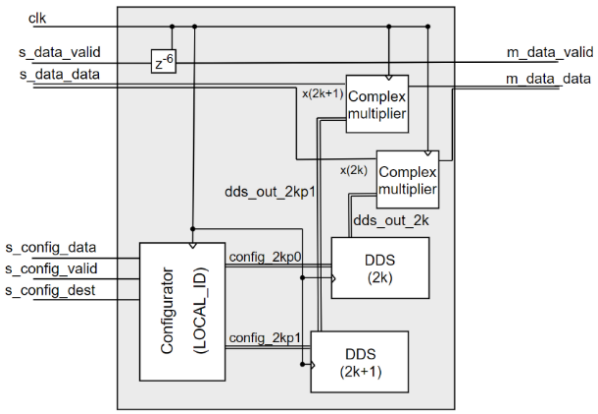


Рис. 4. Смеситель № 0

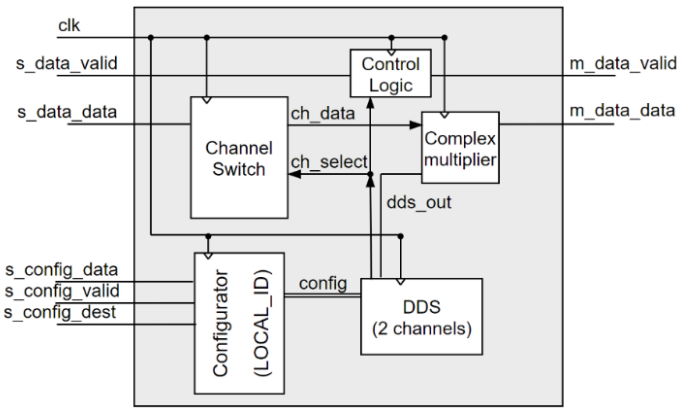


Рис. 5. Смеситель № 1

Разработанные схемы смесителей № 0 и 1 представлены на рис. 4, 5. Особенность первого смесителя заключается в параллельной обработке двух отсчетов за такт, что требуется на входе, т.к. входная частота дискретизации превышает тактовую частоту ПЛИС. Особенность второго смесителя заключается в использовании ресурса одного комплексного

умножителя для двух каналов с разделением по времени, что позволяет экономить блоки умножения. Блок *Configurator* в смесителях отвечает за возможность задания пользователем частоты опорного колебания.

Фиксированные и конфигурируемые дециматоры. Дециматоры № 0, 1 имеют фиксированные коэффициенты децимации (рис. 6). Отличие заключается в реализованных IP-ядрах (Xilinx Fir compiler), выполняющие фильтрацию и прореживание. Для дециматора №0 ядро настроено коэффициент децимации D = 4 и на параллельную обработку двух отсчетов за такт, а в дециматоре № 1 ядро настроено на скорость один отсчет на два такта и коэффициент D = 2. Используются КИХ фильтры порядков $M_0 = 100$ и $M_1 = 64$.

Остальные дециматоры (№ 2–5) имеют возможность изменять коэффициент децимации в зависимости от заданной пользователем конфигурации (рис. 7). Это реализовано при помощи хранения в памяти наборов коэффициентов для N-го числа фильтров (N2 = 3, N3-5 = 7), и реализация прореживания сигнала во внешней логике. За фильтрацию так же отвечают IP-ядра Xilinx Fir compiler, настроенное на каждом этапе на максимально возможную входную скорость, что позволяет уменьшать требуемое число ресурсов на каждом следующем этапе.

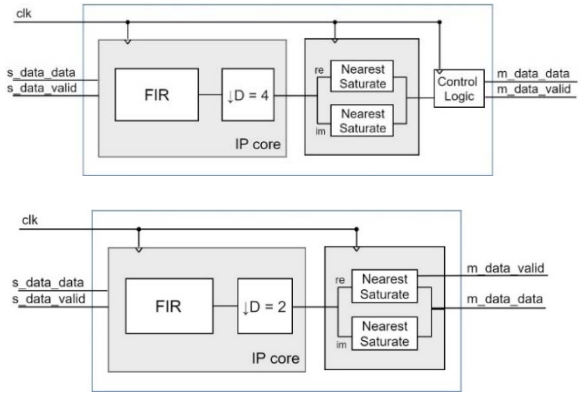


Рис. 6. Дециматоры № 0, 1

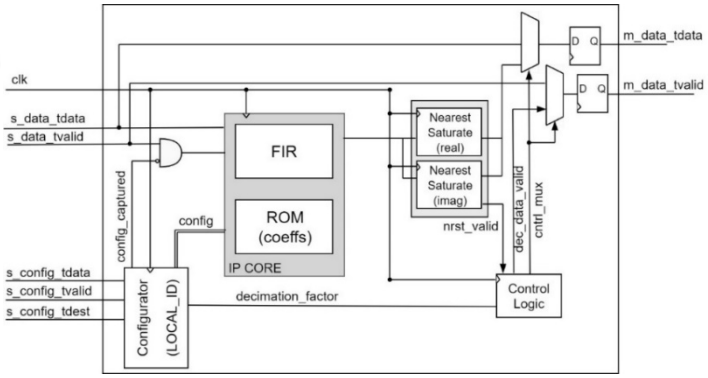


Рис. 7. Дециматоры № 2-5

Параметры фильтров для всех дециматоров имеют неравномерности в полосе пропускания и полосе подавления: $R_p = 0.05$ дБ, $R_s = 60$ дБ.

Конфигурируемый коммутатор. Схема коммутатора представлена на рис. 8. Рядом на рис. 9 представлен конфигурируемый мультиплексор – модуль на основе которого реализован коммутатор.

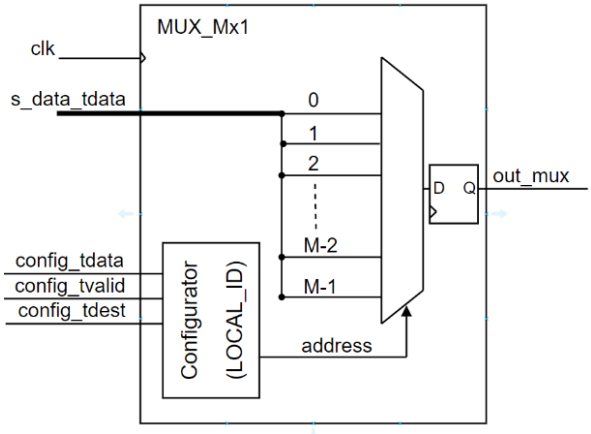


Рис. 8. Коммутатор

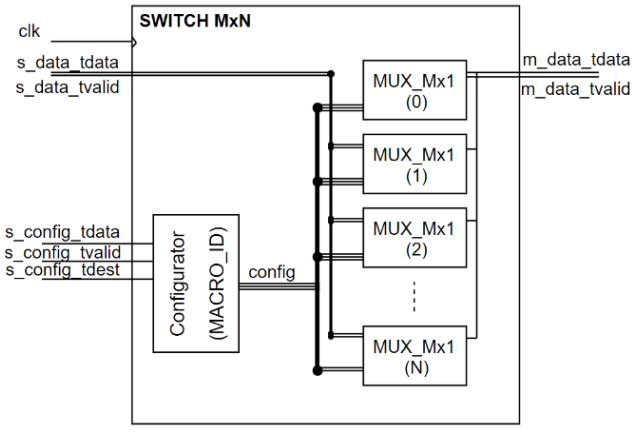


Рис. 9. Конфигурируемый мультиплексор

На каждый из N = 16 мультиплексоров поступает шина данных, содержащая M = 5 входных каналов. В мультиплексоре шина разбивается на M входов, а блок конфигуратора внутри мультиплексора сообщает адрес входного канала, подаваемого на выход.

Модуль ручной регулировки усиления и формирователь пакетов. В конце понижающего преобразователя стоит блок усиления сигнала, коэффициент усиления которого задается пользователем (рис. 10). За ним следует формирователь пакетов (рис. 11), реализующий пакетную передачу данных по требованию с приемной стороны.

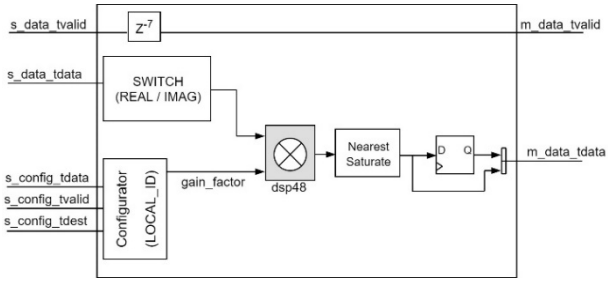


Рис. 10. Блок усиления

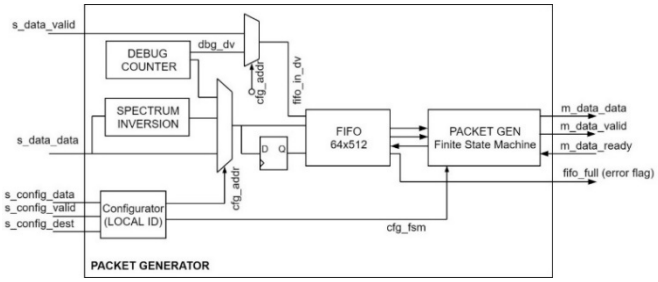


Рис. 11. Формирователь пакетов

Топология конфигурирования. Для удобства организации адресного пространства конфигурируемых функциональных блоков предложена трехступенчатая иерархия распространения конфигурации (рис. 12). Вначале идет разбиение на три глобальных модуля, которые в свою очередь делятся на макромодули, а те в свою очередь на локальные. На каждой ступени выполняется проверка соответствующего поля адреса, и в случае совпадения с собственным, пропускает сигналы конфигурирования на ступень ниже. Данная топология конфигурирования позволяет с легкостью изменять число каналов и число этапов обработки без изменения системы адресации.

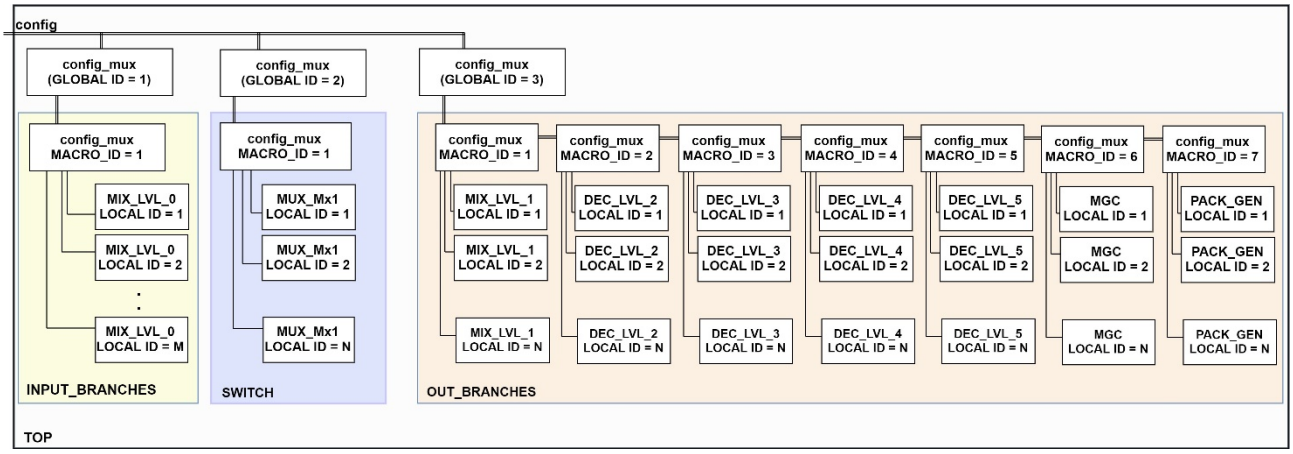


Рис. 12. Топология конфигурирования

Таблица 2. Используемые ресурсы ПЛИС

Ресурс	**Используется**	**Доступно**	**Используется %**
LUT	71157	331680	21,45
LUTRAM	46071	146880	31,37
FF	165562	663360	24,96
BRAM	58	1080	5,37
DSP	2220	2760	80,47

Результаты. В данной работе была представлена разработка архитектуры шестнадцати канального цифрового понижающего преобразователя частоты на базе ПЛИС Xilinx Kintex

Ultrascale xcku060. Обеспечено перекрытие входной полосы частот в 400 МГц и поддержка заданного диапазона коэффициентов децимации: 8 – 16384. Качество сигнала на выходе 43 дБ по метрике MER, что с запасом удовлетворяет поставленным требованиям.

Важным преимуществом данной разработки является возможность задать требуемое число каналов до синтезирования и разводки в ПЛИС, что позволяет без большого труда перенести данный проект на другие модели ПЛИС семейства Kintex Ultrascale масштабируя проект как в меньшую, так и в большую сторону. Число используемых ресурсов представлено в табл. 2 для ПЛИС модели Xilinx Kintex Ultrascale xcku060.

ЛИТЕРАТУРА

1. Digital communication receivers: synchronization, channel estimation, and signal processing. Wiley series in telecommunications and signal processing / Meyr H., Moeneclaey M., Fechtel S. – New York: Wiley, 1998. Wiley series in telecommunications and signal processing. – xxv, с. 827.

2. Digital communications / Proakis J.G., Salehi M. – 5th изд. – Boston: McGraw-Hill, 2008. – xviii, с. 1150.

3. ETSI Technical Report ETR 290, Digital Video Broadcasting (DVB), Measurement Guidelines for DVB systems, Sophia Antipolis, 2000.

УДК 621.372

К.В. Ражева, И.А. Румянцев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ НА ЭЛЕМЕНТАХ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ОСНОВЕ КМОП-ТЕХНОЛОГИИ

Стандарт пятого поколения (5G) инфокоммуникационных систем предполагает использование частот как ниже 6 ГГц (в основном в диапазонах 3,3–4,2 ГГц и 4,5–5,0 ГГц), так и выше 6 ГГц (предполагаемые диапазоны 24,25–27,50 ГГц, 37,5–43,50 ГГц и более высокие) [1]. В России на частотах ниже 6 ГГц предполагается использование диапазона 4,80–4,99 ГГц.

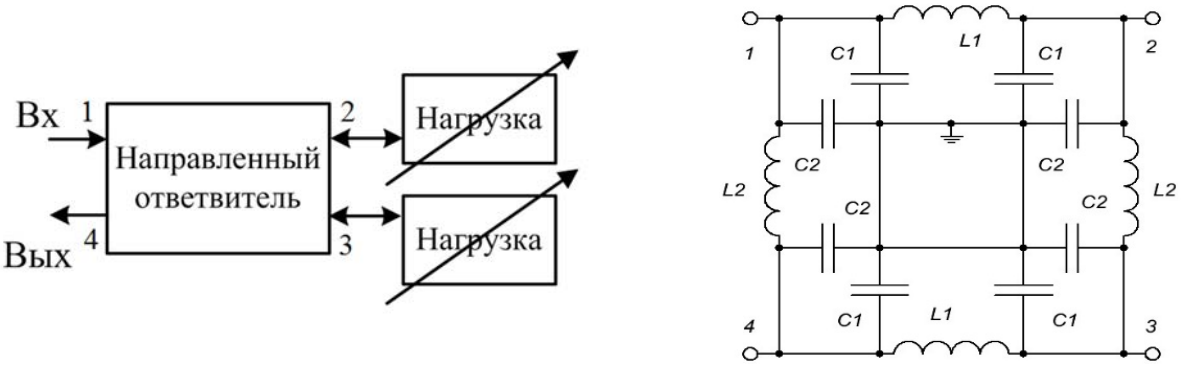
Одной из основных особенностей построения приемопередатчиков 5G является использование электронного управления диаграммой направленности используемых антенн, для чего, как правило, применяются фазовращатели. Среди фазовращателей, реализуемых в интегральном исполнении можно выделить следующие типы [2]: векторный [3], отражательный [4], распределенный [5] и коммутируемый [6]. Структурная схема отражательного фазовращателя представлена на рис. 1а и состоит из направленного квадратурного ответвителя и регулируемых реактивных нагрузок. Входной сигнал через первый порт передается на порты два и три, отражается от подключенных нагрузок и суммируется в четвертом порте. Фаза выходного сигнала определяется импедансами нагрузок. Возможны различные реализации направленного ответвителя [7]. Наиболее известной является двухшлейфный направленный ответвитель, который, как правило, реализуется на основе микрополосковых линий. При этом размеры такого ответвителя на частотах в единицы гигагерц не позволяют интегрировать такую схему на кристалле. Решением может являться замещение микрополосковых линий элементами с сосредоточенными параметрами (рис. 1б), значения которых определяются как [8]:

$$L_1 = \frac{Z_0}{\sqrt{2}\omega_0},\ C_1 = \frac{\sqrt{2}}{Z_0\omega_0},\ L_2 = \frac{Z_0}{\omega_0},\ C_2 = \frac{1}{Z_0\omega_0},$$

где Z_0 – волновое сопротивление, ω_0 – круговая частота.

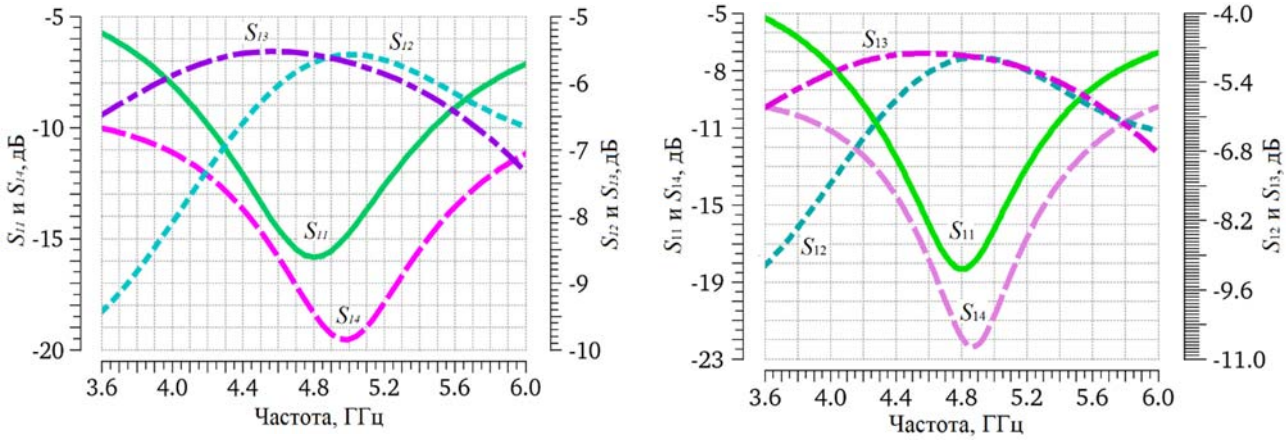
В ходе работы были определены номиналы элементов на частоте 4,9 ГГц и проведено компьютерное моделирование принципиальной схемы с использованием идеализированных

элементов. При замещении идеализированных элементов на элементы из библиотеки кремниевой технологии с разрешением 0,18 мкм произошло ухудшение характеристик, вследствие влияния паразитных параметров элементов. Для компенсации влияния паразитных параметров элементов номиналы конденсаторов и индуктивностей были скорректированы с использованием параметрического анализа. Полученные характеристики модулей возвратных потерь по входу (S_{11}) и коэффициентов передачи (S_{12}, S_{13}, S_{14}) изображены на рис. 2а. За счет увеличения ширины проводника (W) можно увеличить добротность индуктивности. Максимально возможная ширина индуктивности в используемой библиотеке составляет W = 20 мкм. *S*-параметры схемы при использовании индуктивности с максимальной шириной проводника представлены на рис. 2б.



(а) (б)

Рис. 1. (а) Структурная схема отражательного фазовращателя; (б) принципиальная схема направленного ответвителя на идеализированных элементах с сосредоточенными параметрами



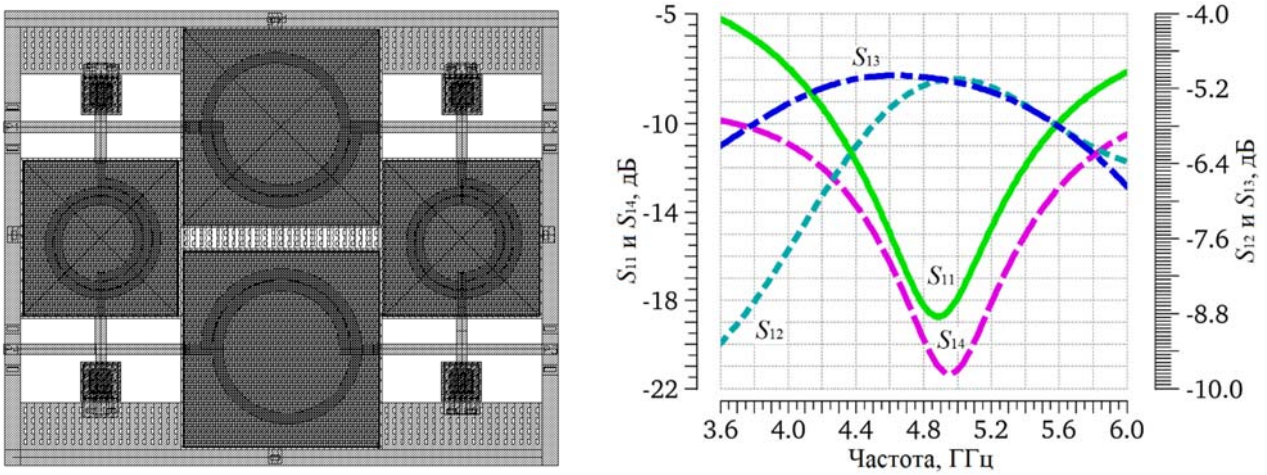
(а) (б)

Рис. 2. (а) *S*-параметры схемы при W = 6 мкм; (б) *S*-параметры схемы при W = 20 мкм

После проведения моделирования с использованием элементов из библиотеки КМОП-технологии была разработана топология кристалла направленного ответвителя (рис. 3а). Геометрические размеры разработанного ответвителя составляют 1050 х 850 мкм. Моделирование после проведения экстракции паразитных параметров топологии показало следующее изменении характеристик: возвратные потери по входу увеличились на 2,3 дБ, развязка ухудшилась на 2,1 дБ, вносимые потери увеличились на 0,4 дБ. Для учета паразитных параметров топологии номиналы элементов были скорректированы. Финальные *S*-параметры схемы изображены на рис. 3б.

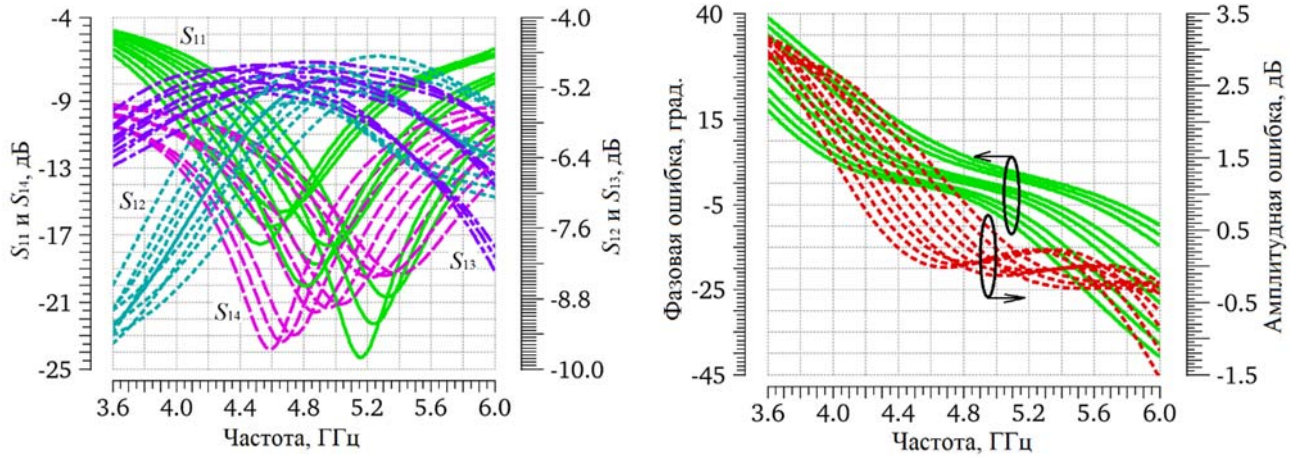
Для определения влияния температуры на характеристики схемы и устойчивости к отклонению параметров элементов от номинальных значений были проведены соответствующие моделирования. Изменение температуры в диапазоне от –40 °С до +85 °С

имеет незначительное влияние на характеристики схемы, так амплитудная и фазовая ошибки изменяются не более чем на 0,005 дБ и 0,1° соответственно. При определении устойчивости схемы к отклонению параметров элементов проводилось моделирование при следующих значениях конденсаторов и индуктивностей (и их комбинациях): минимальное, номинальное и максимальное. Зависимости *S*-параметров схемы от частоты при обозначенных значениях элементов представлены на рис. 4а. Максимальные потери составляют не более 2,8 дБ, возвратные потери по входу – не более минус 12,7 дБ, минимальная развязка не хуже 14,5 дБ. Зависимости амплитудной и фазовой ошибок от частоты представлены на рис. 4б и составляют не более 0,7 дБ и 5,2 градусов соответственно.



(а) (б)

Рис. 3. (а) Топология кристалла направленного ответвителя; (б) *S*-параметры схемы после компенсации влияния паразитных параметров топологии



(а) (б)

Рис. 4. (а) *S*-параметры схемы при различных граничных отклонениях значений элементов от номинальных значений; (б) зависимости амплитудной и фазовой ошибок от частоты при различных граничных отклонениях значений элементов от номинальных значений

В работе представлены результаты разработки направленного ответвителя на элементах с сосредоточенными параметрами из библиотеки кремниевой КМОП-технологии с разрешением 0,18 мкм. Площадь топологии кристалла направленного ответвителя составляет около 0,9 мм^2. Исследованы влияние температуры на характеристики схемы и устойчивость к отклонению номиналов элементов от номинальных значений. Разработанная схема обеспечивает возвратные потери по входу не более –17,9 дБ, развязку не хуже 19,8 дБ,

вносимые потери не более 2,1 дБ, амплитудную ошибку ±0,1 дБ, фазовую ошибку ±1 градус в диапазоне рабочих частот 4,8–5,0 ГГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. 5G Spectrum GSMA Public Policy Position, July 2019, pp. 1–10.

2. F. Ellinger, U. Mayer, M. Wickert, N. Joram, J. Wagner, R. Eickhoff, I. Santamaria, C. Scheytt, R. Kraemer, Integrated Adjustable Phase Shifters, IEEE Microwave Magazine, October 2010, pp. 98–107.

3. E.V. Balashov, A.S. Korotkov, I.A. Rumyancev, An Unbalanced Transformerless Vector-Sum Phase Shifter in 0.18 um CMOS, Problems of Advanced Micro- and Nanoelectronic Systems Development. Selected Articles of VII All-Russia Science & Technology Conference MES-2016. Part III. Moscow. IPPM Ref1 RAS. 2017, pp. 2–5.

4. J. Wu, T. Chin, S. Chang, C. Chang, 2.45-GHz CMOS Reflection-Type Phase-Shifter MMICs With Minimal Loss Variation Over Quadrants of Phase-Shift Range, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 56, no. 10, Oct. 2008, pp. 2180–2189.

5. A.A. Barov, A.V. Kondratenko, D.S. Khokhol, A set of GaAs MMIC digital phase shifters with an integrated control driver, 24th International Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, 2014, pp. 73–74.

6. M C. Lu, A.-H. Pham, D. Livezey, Development of multiband phase shifters in 180-nm RF CMOS technology with active loss compensation, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 54, no. 1, Jan. 2006, pp. 40–45.

7. А.В. Останков, Н.Н. Щетинин, Микрополосковые направленные ответвители УВЧ и СВЧ диапазонов // Радиостроение. 2017. № 5. С. 1–37.

8. R. Mongia, I. Bahl, P. Bhartia, RF and Microwave Coupled-Line Circuits, 1999, pp. 258–260.

ИНСТИТУТ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 539.3

И.П. Кузнецов, А.С. Немов, А.Д. Новокшенов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ FULLY UTILIZED DESIGN И EVOLUTION STRATEGY ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ВЕСА СТЕРЖНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ ВНУТРИ ЛОПАСТИ СЛОЖНОГО СЕЧЕНИЯ

В машиностроении и строительстве уже давно применяются стержневые конструкции. Распространенность стержневых конструкций создает необходимость в создании оптимизированных стержневых структур, для получения прочных, технологичных и экономичных конструкций. Оптимизация может производиться по разным параметрам и с разными целевыми функциями. Например, может оптимизироваться высота и ширина поперечного сечения стержня или расположение узловых точек соединения стержней. Значение оптимизируемых параметров может меняться либо непрерывно в заданном интервале, либо дискретно из заданного множества значений. Целевыми функциями может быть минимизация податливости (максимизация жесткости), минимизация объема или минимизация перемещения какой-либо точки стержневой системы [1].

В данной работе рассмотрена задача оптимизации стержневой структуры внутри лопасти ветрогенератора. Лопасть имеет сложное сечение и сделана из стали, а стержневая конструкция внутри сделана из углеволокна, обработанного смолой. Модель лопасти представлена на рис. 1. Лопасть закреплена у основания, и к одной из её поверхностей приложено давление. Граничные условия показаны на рис. 2. Целью оптимизации является минимизация массы при ограничении на напряжения, возникающие внутри стержней. Сама стержневая структура представлена на рис. 3. Система состоит из тысячи стержней.

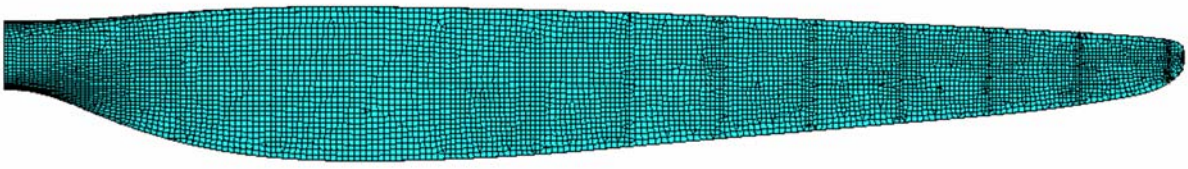


Рис. 1. Конечно-элементная модель лопасти

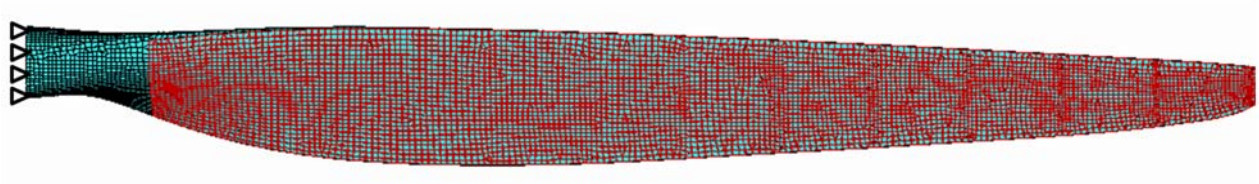


Рис. 2. Граничные условия задачи

Математически задача оптимизации ставится следующим образом:

$$\min_{u,t} \mathrm{V},$$

$$\sum_{i=1}^{m} t_i K_i u = f,$$

$$\sigma_i < \sigma_{max},$$

$$\delta_i < \delta_{max},$$

$$t_i \in \{t_1, t_2, \dots, t_b\},\ \ i = 1, \dots, m, -\text{в случае дискретных переменных,}$$
$$\text{или}\ \ t_i \geq 0, i = 1, \dots, m, -\text{в случае непрерывных переменных,}$$

где t_i – объем i-ого стержня, K_i – матрица жесткости i-ого стержня, u – вектор узловых перемещений, f – вектор узловых нагрузок, V – объем структуры, m – количество стержней в системе, σ_i – напряжение в i-ом стержне, σ_{max} – максимальное допустимое напряжение, δ_i – перемещение i-ого стержня, δ_{max} – максимальное допустимое перемещение [2].



Рис. 3. Стержневая структура внутри лопасти

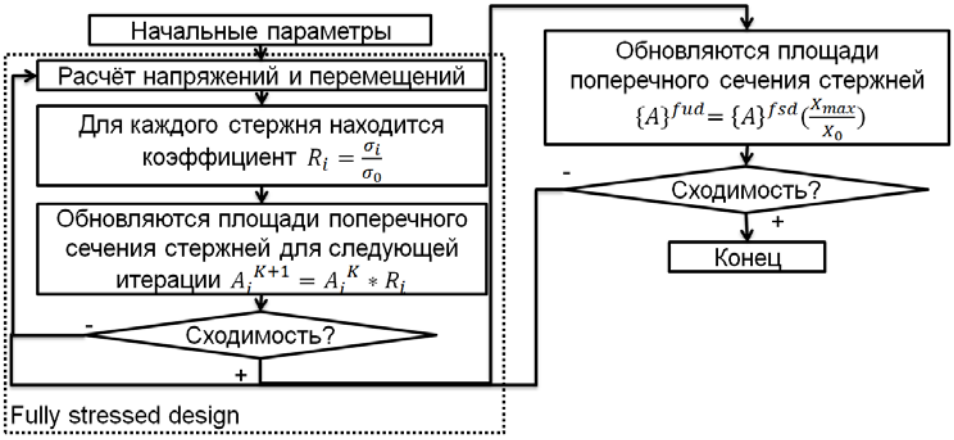


Рис. 4. Блок-схема алгоритма Fully utilized design

Для решения задачи оптимизации с непрерывно меняющимися переменными был использован метод Fully utilized design [3]. Блок-схема алгоритма данного метода представлена на рис. 4. Fully utilized design является улучшенной версией алгоритма Fully stressed design, в который добавлено ограничение на максимальное перемещение узлов системы. Результаты оптимизации системы методом Fully utilized design представлены на рис. 5 и 6.

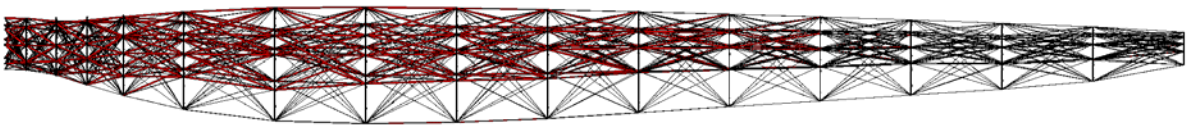


Рис. 5. Результат оптимизации методом Fully utilized design, вид сверху

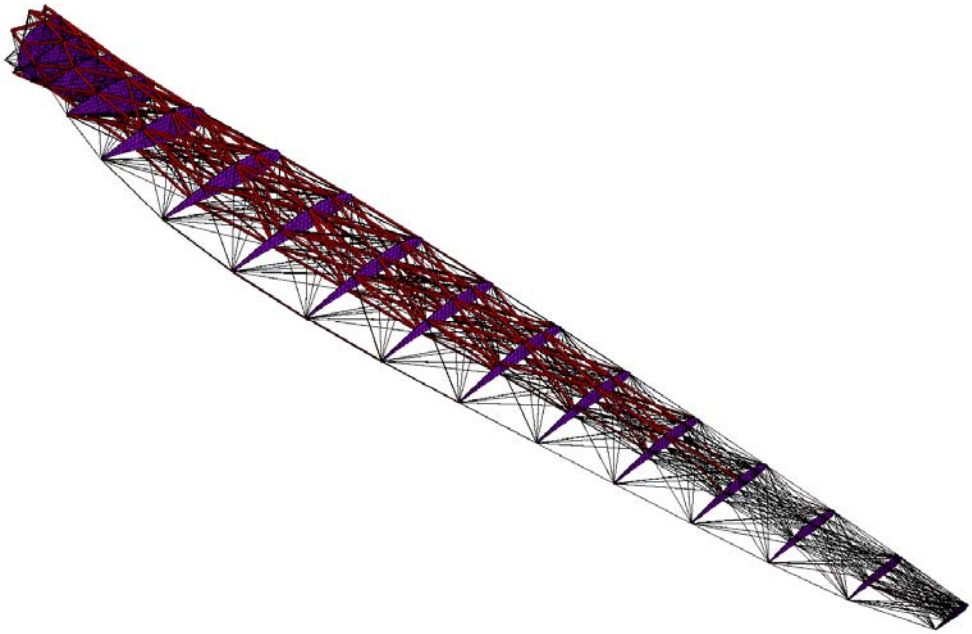


Рис. 6. Результат оптимизации методом Fully utilized design, изометрический вид

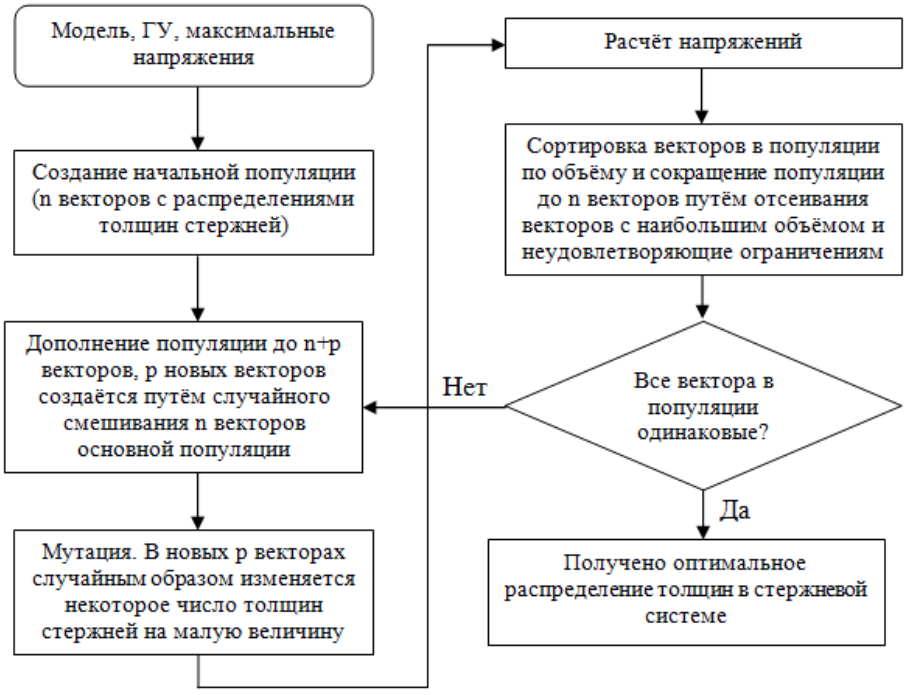


Рис. 7. Блок-схема алгоритма Evolution strategy

Для решения задачи оптимизации с дискретными переменными был использован генетический алгоритм Evolution strategy [4]. Блок-схема данного алгоритма представлена на рис. 7.

Результаты оптимизации методом Evolution strategy представлены на рис. 8 и 9.

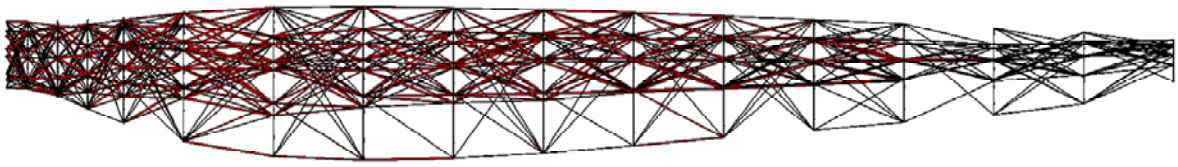


Рис. 8. Результат оптимизации методом Evolution strategy, вид сверху

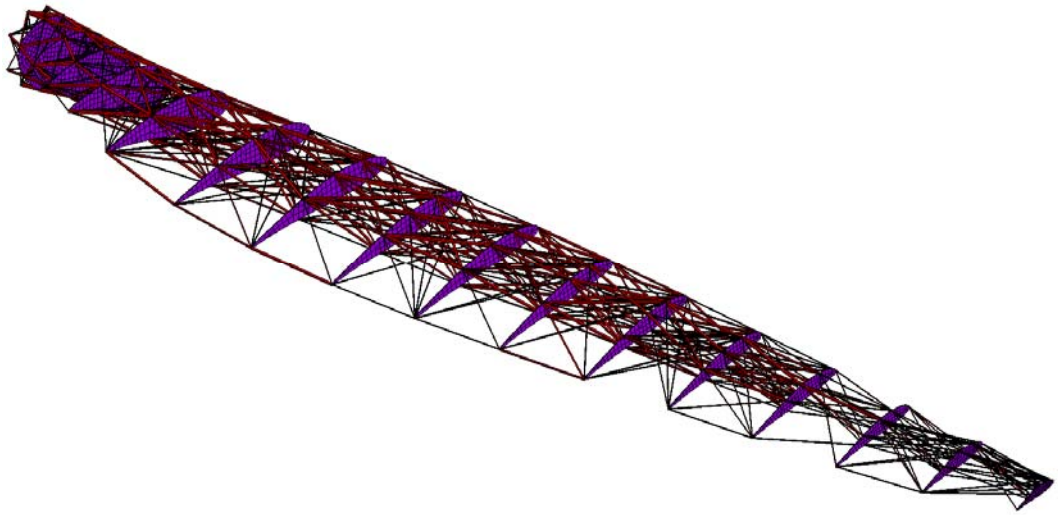


Рис. 9. Результат оптимизации методом Evolution strategy, изометрический вид

Для реализации обоих методов оптимизации были написаны программы на языке программирования Python. В качестве конечно-элементного решателя был использован batch режим программного комплекса Ansys.

В данной работе представлены результаты реализации метода Evolution strategy и Fully utilized design на языке Python и решения задачи минимизации веса стержневой конструкции внутри лопасти сложного сечения. Метод Fully utilized design быстро находит оптимальное решение, но конструкция, полученная в результате оптимизации сложна для изготовления из-за непрерывного изменения толщин стержней. Метод Evolution strategy требует намного больше времени для нахождения оптимального решения, но получаемая конструкция может быть изготовлена стандартными промышленными методами. Также метод Evolution strategy может решать задачи оптимизации, с неограниченным числом ограничений.

Следующим шагом будет учет в программе более сложных ограничений на задачу оптимизации и реализация более сложных алгоритмов оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.П. Кузнецов, А.Д. Новокшенов, Топологическая оптимизация стержневых структур в среде ANSYS APDL. Издательство Политехнического университета. Неделя науки СПбПУ, 2017 г.

2. M. Bendsøe, O. Sigmund. Topology Optimization. Theory, Methods and Applications. б.м.: Springer, 2003 г.

3. S. Patnaik, A. Gendy, Modified Fully Utilized Design (MFUD) Method for Stress and Displacement Constraints, NASA Technical Memorandum 4743, 1997 г.

4. J. Cai, G. Thierauf. Evolution strategies for solving discrete problems. Elsevier, 1996 г.

УДК 334.7

K.A. Drozdova
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT BY MEANS OF THE UNIVERSITY-BASED "TECHNET PROJECT" ACCELERATOR

Nowadays more and more people tend to be self-employed. The reasons for this desire can vary greatly from person to person. Someone believes that being an entrepreneur, you can control your own destiny, others find meaning in the opportunity to change people's lives and society, for someone managing an own business is a childhood dream, another person sees challenge and excitement in entrepreneurship, while others are just tired of living on schedule, want to have flexible working hours and look for new sensations.

In general, anything can encourage a person to start developing his own project. Still there is one problem: people come up with many brilliant ideas, but only few of them are further transformed into the real business. Entrepreneurship is not an easy thing, it is considered as the process of creating something new and different from the existing one by investing the necessary time and effort, taking the associated financial, physical and social risks, of course along with receiving monetary rewards and personal satisfaction as a result. However, not everyone is ready for such a high risk and long-term uncertain outcome associated with entrepreneurial activity.

More than 90% of startups fail due primarily to self-destruction rather than competition [1]. People simply do not know what steps to take after creating the idea, how to develop it further, how to put together a team, how to build a profitable business model, how to write a financial plan, how much investments to request and from whom etc. That is why there is a strong demand for help and support, which are ensured by business accelerators.

Business accelerator is system of startups support (mostly at their early stage); it also provides education for startupers, which involves a course of intensive project development. Typically, acceleration programs have a set time frame during which project teams spend weeks to months working with a group of mentors to develop their projects both financially and strategically and avoid problems along the way. The average acceleration program lasts 3 months.

Currently the number of business accelerators is increasing. The goal of this paper is to analyze the "TechNet Project" Accelerator which took place in spring 2019, to summarize the problems it revealed and to develop recommendations for their solution.

Being part of the ecosystem, many startupers have no idea how many diverse startups and entrepreneurs are around. Approximately 100 million startups are launched annually in the world. The number of technological startups worldwide is around 1.35 million [2]. Among the world's most popular accelerators are AngelPad (USA), Y Combinator (USA), Alchemist (USA), Techstars (USA), 500 Startups (USA), HAX (China), Plug and Play (USA) [3, 4].

By the middle of 2018 there were 103 active accelerators in Russia, 19 of them university-based [5]. In Russia the most popular accelerators are: Accelerator 500 Startups and "Sberbank", Accelerator of the Internet initiatives development fund (IIDF), Business accelerator MSU, Global Growth Challenge, GenerationS, Philtech-accelerator, Global Venture Alliance (GVA) [4].

The university-based accelerators began to develop in Russia not so long ago, namely in 2017 [5]. It is a new trend. The "TechNet Project" Accelerator is a university-based technological project development program organized by the "Technet" Association in partnership with Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU) and the Competence Center of National Technology Initiative (NTI) SPbPU "New production technologies". This program leads startups through 3 stages: a) selection of projects for the accelerator, b) project training, and c) presentation in front of investors and industrial partners of the "Technet" Association.

The Accelerator is becoming more and more popular. This autumn on the 1st stage there were

projects from St. Petersburg, Moscow, Tula, Krasnoyarsk, Saratov, Ulyanovsk, Sevastopol and even from the USA. The goal of the "TechNet Project" Accelerator is to select and develop innovative projects, the implementation of which can contribute to improving the competitiveness of domestic industrial companies in the global markets of the National Technology Initiative (NTI) and in high-tech industries. The acceleration program includes five modules [6]:

- Initial module (formulating goals and creating the project development plan).
- Business model module/Clients module (forming the project's business model, customer development, testing hypotheses of product value and demand).
- Technology module (creating the product/technology development plan from Technology readiness level (TRL) 4 to Technology readiness level (TRL) 9.
- Finance module (preparing a detailed financial plan for the project).
- Final module (preparing the application to the "Foundation for assistance to small innovative enterprises in science and technology" (FASIE) and presenting it to investors and industrial partners).

The Accelerator is based on the permanent trackers' work with startups' teams. The chosen model of communication inside the program is not a classical education it is more about the tutoring. Compared to the previous Accelerator, which took place from February 22 to April 27 (2019), the geography of Autumn "TechNet Project" Accelerator is wider, there are more applications, which means that the right path is being followed.

One of the main organizer of the Accelerator – Alexander Gavryushenko – Director of the Center for development of technological projects and entrepreneurship SPbPU, mentor of the Fund for support of youth entrepreneurship "AGAT", noticed that in the framework of TechNet Project acceleration program, the model of university-based accelerator allowed to develop TRL from a laboratory sample to the creation of pilot production. In other words, the Accelerator helps to turn an interesting idea into a working project that is attractive to investors.

"TechNet Project" acceleration program ends with the final event – Demo Day. Participants present their projects in front of investors and industrial partners of the "Technet" Association, among which "UEC-Saturn", the Competence Center of National Technology Initiative (NTI) SPbPU with a consortium of 50 + leaders of science, education and industry, the group of high-tech companies CompMechLab.

At the final event of the "TechNet Project" Accelerator, experts have no task to identify the best projects from among those, who passed the acceleration program. The main task for experts is to evaluate how successfully the Accelerator prepare projects for market implementation, for submitting applications to the FASIE, for obtaining the status of Skolkovo residents and for attraction of venture investors, and give professional feedback not only to the participants of the Accelerator, but also to its organizers.

Results and discussion. To achieve the goal of this paper the process of preparation and implementation of the 2019 spring the "TechNet Project" Accelerator was analyzed; the results achieved by the participating teams were considered.

Firstly, let us summarize the positive outcomes of the Accelerator. Most teams achieved significant results after graduating from the Accelerator. Many of them are so satisfied with the acceleration program that they come for the second time with new projects. As an example there are some results of the teams, who participated in the previous "TechNet Project" Accelerator, which took place from February 22 to April 27 (2019): one team presented their project at the Open Innovations Startup Tour in Tolyatti and found strategic partners; another participant became the winner of the pitch session of biomedical projects at the Startup rally competition held within the framework of The international exhibition and forum on pharmaceuticals and biotechnology "IPhEB Russia"; five projects performed at the Startup Tour in St. Petersburg – one took 2nd place in the industrial track, two received offers of residency in Skolkovo, two received the invitations to take part in Startup Village; five projects applied for the "START" competition organized by FASIE, two

projects have already been recognized as the winners; two projects were included in the Kirov Plant corporate accelerator; one project was transferred to the Severstal corporate accelerator; also recently two participants presented their projects in the International exhibition of scientific and technical achievements in Lanzhou city (China).

Table 1. The "TechNet Project" Accelerator problems and some possible solutions

Problematic area	Explanation	Possible solution
Search and attraction of projects from SPbPU to the Accelerator	It is extremely difficult to attract relevant projects from SPbPU to the Accelerator. The problem is that there is no unified database with all the technological R&D conducted at the University. Right now, to find and invite the technological projects from the University one has to visit all the Institutes and laboratories and ask people personally. It is very time-consuming.	Creating a unified database with all R&D projects conducted at SPbPU.
Distance communication with regional projects	Despite the fact that some projects in the Accelerator are regional, it is still difficult to work with them. There is a problem of distance communication. For instance, it is not always possible for regional project teams to connect via Skype for a lesson, follow the speaker, listen to comments from audience and ask questions because of bad quality internet connection.	Creating online courses with video tutorials and necessary materials, access to which will be possible for all regional participants at a convenient time. Moreover, right now in the autumn Accelerator there is a team with the project about how to organize teams more efficiently. This team can come up with another possible solution at the end of acceleration program in November.
Incomplete teams	Many project teams in the Accelerator consist of one person. Or another case: the team involve only people with a technical specialization. In both situations it is difficult to move forward. One person or people with technical education seldom can cover all the spheres in the project: marketing, sales, finance, legal issues etc.	Attracting students from SPbPU to the Accelerator project teams. Explaining them the advantages they could get from this experience. Better cooperation with regional universities could also be a solution to find the new team members. In addition, participation in the Accelerator projects can be a part of the official traineeship for students of different specializations. Furthermore, it is necessary to pay more attention to promoting the acceleration program.
The acceleration program exists only in Russian language	More than 7,500 foreigners study at SPbPU [7]. Many of them do not know Russian language. There are requests from foreign students to enter the Accelerator with own projects or to join the existing teams. Unfortunately, it is impossible to accept these students right now, cause all the classes, materials, meetings are in Russian.	Create the international University-based acceleration program with all the lectures, meetings and materials in English language. This is an opportunity not only to involve foreigners in the Accelerator, but also to attract those Russian-speaking people, who know English at a good level (e.g. B2) and want to study in this language. In addition, the acceleration program in English will contribute to the creation of international teams, which can have a positive impact on the projects' development.

Despite the impressive results of the teams trained in the “TechNet Project” Accelerator, there are some problematic issues that need to be addressed. The problems and some possible solutions are summarized in Table 1.

It is important to note that some steps have already been taken to address the above-mentioned problems. First of all, there is more promotion of the “TechNet Project” Accelerator and its projects throughout social networks, mainly by posting in VKontakte [8]. They tell followers about the projects admitted into the Accelerator, their descriptions, the topics of the Accelerator classes, the professors and entrepreneurs involved, interesting events within the acceleration program, the results achieved by the teams and much more. The posts contain photos and sometimes presentations. Everyone is invited to come to any Accelerator class and choose a favorable project to join and to become part of the team. In addition to the social network VKontakte, information about Accelerator events and projects gradually appears on the official website of the Center for Development of Technological Projects and Entrepreneurship SPbPU [9].

As a result, students from the University have become more active, they started to visit some Accelerator classes and join the projects to work on the product/technology/service. The development of more courses is now being discussed by the organizers’ team, as well as invitation of new interesting speakers from a relevant environment. What is more, the online course “Accelerator TechNet” is being developed.

Speaking about creation of the acceleration program in English is an opportunity to cooperate with foreign universities and international acceleration programs representatives. As an outcome, there is an exchange of experience and expertise between different countries, set up of international teams, development of entrepreneurship at the global level.

Conclusion. A few years ago, the words "startup" and "accelerator" were little known by people. Today these words have become trendy, and entrepreneurship – kind of a mainstream. Discussions on this topic do not stop. There is huge amount of books, articles, courses, interviews about entrepreneurial activity. Every year, numerous competitions for startups are held in different countries, and various acceleration programs are offered for startupers.

Entrepreneurial activity is characterized by high risk and long-term uncertain outcome. Some brave entrepreneurs establish companies and create new and useful products, trying to achieve success in the market. Others only dream about building their own business and becoming self-employed. For many, the commercialization of a personal project will remain a dream, if there is no necessary support and assistance at the right time.

The source of help for startups is business accelerators. They provide support concerning the idea of the project, writing a business plan, creating a cool team, finding funds, finding partners, building structured presentation to investors and much more. What is one of the most important things for startupers when joining the acceleration programs is the unique atmosphere: everyone has the same problems, everyone wants to achieve success, everyone has to work hard.

There are too many pitfalls in real business. Startupers, especially at an early stage of their projects’ development, have a hard time coping with all the difficulties alone. Startup teams in Russia need accelerators. To promote and stimulate the entrepreneurial activity in the country and for creating high-quality domestic products it is essential to generate upscale acceleration programs that can support entrepreneurs, teach them how to develop the projects for their further success not only in Russia, but also on the world stage.

REFERENCES

1. Startup Genome Report Extra on Premature Scaling. URL: https://s3.amazonaws.com/startupcompass-public/StartupGenomeReport2_Why_Startups_Fail_v2.pdf [Accessed 3 Dec, 2019].

2. Platform for communication of small and medium enterprises. The global statistics of startups – infographics InnMind. URL: https://spark.ru/startup/innmind/blog/16727/mirovaya-statistika-startapov-infografika-innmind [Accessed 3 Dec, 2019].

3. Forbes Magazine. The Best Startup Accelerators Of 2017. URL: https://www.forbes.com/sites/alexkonrad/2017/06/07/best-accelerators-of-2017/#3691605b10cb [Accessed 3 Dec, 2019].

4. vc.ru – the internet edition about business, startups, innovation, marketing and technology. Accelerators for any startup: a list of the best programs in Russia and the United States. URL: https://vc.ru/hr/51038-akseleratory-na-lyuboy-startap-spisok-luchshih-programm-v-rossii-i-ssha [Accessed 3 Dec, 2019].

5. Association of Accelerators and Business incubators of Russia. Map of accelerators and business incubators of the Russian Federation. URL: http://www.oneup.ru/analytics/innomap [Accessed 3 Dec, 2019].

6. Official website of the “Technet” Association. URL: https://technet-nti.ru/article/akselerator-technet-project [Accessed 3 Dec, 2019].

7. Official website of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University. URL: https://www.spbstu.ru/university/strategy-development/the-university-in-numbers/ [Accessed 3 Dec, 2019].

8. Official group of the Business incubator "Polytechnic" Vkontakte. URL: https://vk.com/bip_spbpu [Accessed 7 Dec, 2019].

9. Official website of the Center for development of technological projects and entrepreneurship SPbPU. URL: http://techno.spbstu.ru/ [Accessed 7 Dec, 2019].

ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ И БИОТЕХНОЛОГИЙ

УДК 612.825

А.В. Грифлюк[1,2], Т.Ю. Постникова[1,2], О.Е. Зубарева[2], А.В. Зайцев[1,2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова

НАРУШЕНИЯ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ В ГИППОКАМПЕ КРЫС, ВЫЗВАННЫЕ ВВЕДЕНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНОГО ЛИПОПОЛИСАХАРИДА В РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

Нарушения когнитивных функций, в частности, обучения и памяти, у детей и подростков нередко являются следствием перенесенных в раннем возрасте длительных инфекционных заболеваний. Существующие работы показывают, что введение в раннем постнатальном онтогенезе бактериального липополисахарида или индуцируемых им провоспалительных цитокинов, что является моделью бактериальной инфекции, вызывает долговременные нарушения памяти и исследовательского поведения [1, 2]. Однако механизмы, лежащие в основе таких нарушений, изучены недостаточно.

В основе современных представлений о механизмах обучения и памяти лежит синаптическая пластичность [3]. Синаптическая пластичность заключается в изменении эффективности синаптической передачи в результате предшествующей активации синапса (например, при стимуляции афферентных путей нейрона). Такая стимуляция может либо увеличивать (синаптическая потенциация), либо уменьшать (синаптическая депрессия) результирующие постсинаптические потенциалы в постсинаптическом нейроне.

Феномен долговременной потенциации (ДВП, long-term potentiation, LTP) заключается в том, что относительно кратковременная тета-стимуляция синаптического проводящего пути вызывает длительное усиление синаптической активности в виде возросшего ответа постсинаптического нейрона на одиночное раздражение тех же волокон. Основной признак ДВП – длительное сохранение способности отвечать повышенной синаптической активностью и возросшими реакциями постсинаптического нейрона на стимул.

Одним из ключевых рецепторов, задействованных в процессе синаптической пластичности, является глутаматный NMDA-рецептор. На ранних стадиях постнатального развития NMDA-рецепторы подвергаются функциональным изменениям вследствие модификаций их субъединичного состава [4]. Предполагается, что бактериальные инфекции, протекающие в ранний постнатальный период, могут влиять на процесс перестройки субъединичного состава рецепторов, что может привести к нарушению механизмов синаптической пластичности. Однако эта гипотеза еще недостаточно подтверждена экспериментально.

Целью данной работы являлось изучение особенностей формирования долговременной синаптической потенциации в поле CA1 гиппокампа крыс ювенильного и пубертатного периодов развития после введения бактериального липополисахарида в раннем постнатальном онтогенезе.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись крысы-самцы Wistar, которых содержали в стандартных условиях при комнатной температуре и свободном доступе к воде и пище.

Моделью бактериальной инфекции является введение животным бактериального липополисахарида (ЛПС), элемента клеточной стенки грамотрицательных бактерий (в работе использовался бактериальный липополисахарид Escherichia coli 055:B5, Sigma, США). ЛПС вводили крысам внутрибрюшинно (25 мкг/кг) в течение третьей недели жизни (в возрасте 14,

16 и 18 дней) – в период перестройки субъединичного состава NMDA-рецепторов, чем обусловлено их созревание.

Электрофизиологические исследования проведены на животных ювенильного (21–23 дни жизни) и пубертатного (51-55 дни жизни) периодов развития. Крыс подвергали декапитации, извлекали мозг, удаляли мозжечок и лобные доли полушарий, срезали часть дорсальной поверхности мозга, изготавливали переживающие горизонтальные срезы (400 мкм). Полевые возбуждающие постсинаптические потенциалы (пВПСП) отводились от радиального слоя поля CA1 гиппокампа с помощью стеклянного микроэлектрода, стимуляцию осуществляли посредством биполярного электрода, помещённого в коллатерали Шаффера на границе полей CA1 и CA2. Перед индукцией ДВП производили как минимум получасовую запись базового (достимуляционного, фонового) ответа. К индукции ДВП приступали только в случае регистрации стабильной амплитуды фонового пВПСП в течение 20 мин. ДВП вызывали тета-стимуляцией: 5 пачек по 5 импульсов частотой 100 Гц, с интервалом 200 мс между пачками, подававшиеся 5 раз каждые 10 с. Регистрацию потенцированных пВПСП после тетанизации производили в течение 60 мин. Электрофизиологические данные анализировали с помощью программы Clampfit 10.2. У каждого пВПСП измеряли амплитуду и величину наклона восходящей фазы. Для определения ДВП в срезе отдельно усредняли фоновые пВПСП и потенцированные пВПСП, записанные через 50–60 мин после тета-стимуляции. Величину пластичности рассчитывали, как отношение наклона восходящей фазы у усредненных потенцированных и фоновых пВПСП.

В работе использовались дизоцилпин (МК-801, 10 мкМ), неконкурентный антагонист NMDA-рецепторов, и селективный антагонист метаботропных глутаматных рецепторов первой группы первого подтипа (mGluR1) FTIDC (5 мкМ).

Результаты. Все данные приведены как среднее со стандартной ошибкой среднего, n – количество срезов.

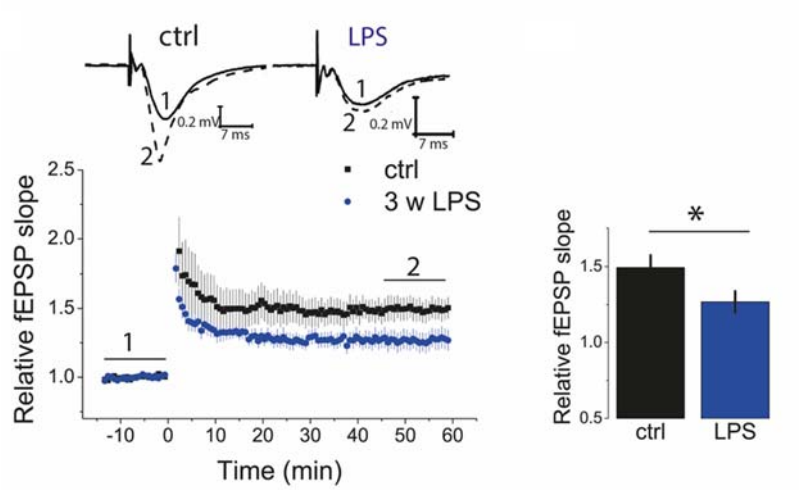


Рис. 1. Долговременная синаптическая потенциация ослаблена в поле CA1 гиппокампа ювенильных крыс после введения ЛПС в раннем постнатальном онтогенезе. На графиках представлено изменение величины нормализованного наклона пВПСП после тета-стимуляции (тета-стимуляция осуществляется в момент времени 0) у контрольных (ctrl) и экспериментальных животных при введении ЛПС в течение третьей недели жизни (3 w LPS). Показаны примеры пВПСП до (1) и после (2) тета-стимуляции у контрольных (ctrl) и экспериментальных (LPS) животных. Приведены диаграммы, иллюстрирующие различия в величине ДВП между контрольными (ctrl) и экспериментальными (LPS) животными. * – $p < 0,05$ (непарный t-тест)

Ювенильный возраст животных. У животных контрольной группы тета-стимуляция коллатералей Шаффера в срезах гиппокампа приводила к выраженной долговременной

потенциации, наклон восходящей пВПСП увеличивался в 1,49±0,08 раза по сравнению с базовым (достимуляционным) уровнем (n=14). У крыс экспериментальной группы такой же протокол стимуляции вызывал увеличение только в 1,27±0,07 раза (n=20), что достоверно меньше, чем у контрольных животных (непарный t-тест = 2,13; $p < 0,05$; рис. 1). В контрольной группе в присутствии МК-801, неконкурентного антагониста NMDA-рецепторов, ДВП не вырабатывалась (1,04±0,07; n=12; непарный t-тест = 4,30; $p < 0,01$; рис. 2 (A, B)). Т.е. у контрольных животных, наблюдается NMDA-зависимый характер индукции ДВП. Однако у ювенильных крыс после введения бактериального липополисахарида в течение третьей недели жизни в присутствии МК-801 ДВП сохраняется (1,26±0,07; n=12; непарный t-тест = 0,09; $p = 0,93$; рис. 2 (C, D)), но изменяется динамика её формирования: наблюдается медленное нарастание ответов после тета-стимуляции, которое достигает максимума через 30–60 мин. Согласно данным литературы, такая особенность формирования ДВП может быть обусловлена работой метаботропных глутаматных рецепторов [5]. Для оценки роли mGluR1 был использован FTIDC. В контрольной группе в присутствии FTIDC изменений в формировании ДВП не наблюдалось (1,40±0,08; n=13; непарный t-тест = 0,90; $p = 0,38$; рис. 3 (A, B)). При этом у животных, которым в течение третьей недели жизни вводили ЛПС, FTIDC полностью блокирует выработку ДВП (0,95±0,06; n=17; непарный t-тест = 3,34; $p < 0,01$; рис. 3 (C, D)).

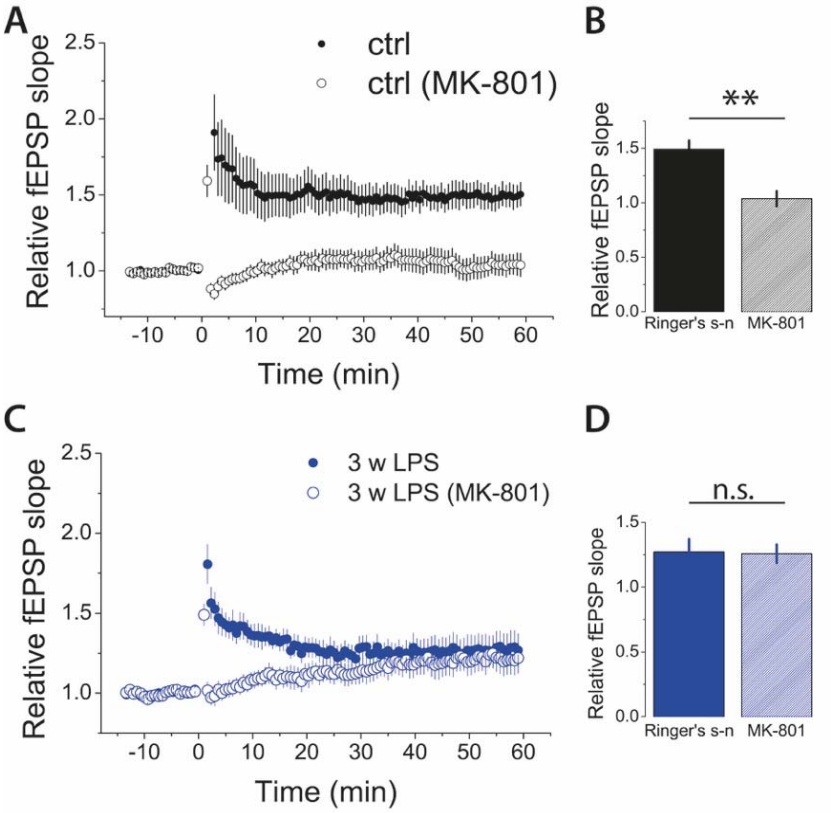


Рис. 2. NMDAR-зависимый механизм индукции ДВП нарушается в поле CA1 гиппокампа ювенильных крыс при введении ЛПС в течение третьей недели жизни. A, C – изменение величины нормализованного наклона пВПСП у животных контрольной (ctrl) и экспериментальной (LPS 3 w) групп при использовании блокатора NMDA-рецепторов МК-801 (10 мкМ). B, D – диаграммы, иллюстрирующие величину ДВП в контрольной и экспериментальной группах соответственно. Ringer's s-n – без использования МК-801; МК-801 – при использовании МК-801; n.s. – нет различий, ** – $p < 0,01$ (непарный t-тест)

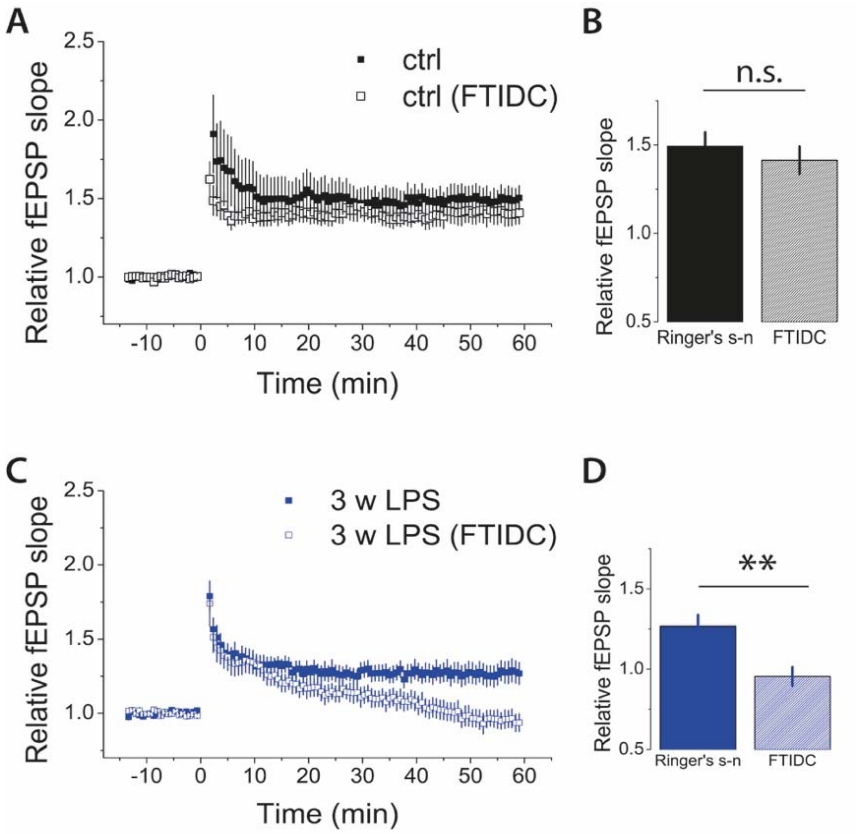


Рис. 3. Долговременная синаптическая потенциация обусловлена работой метаботропных глутаматных рецепторов первой группы первого подтипа (mGluR1) в гиппокампе ювенильных крыс при введении ЛПС в течение третьей недели жизни. A, C – изменение величины нормализованного наклона пВПСП у животных контрольной (ctrl) и экспериментальной (LPS 3 w) групп при использовании блокатора FTIDC (5 мкМ). B, D – диаграммы, иллюстрирующие величину ДВП в контрольной и экспериментальной группах соответственно. Ringer's s-n – без использования FTIDC; FTIDC – при использовании FTIDC; n.s. – нет различий, ** – $p < 0,01$ (непарный t-тест)

Пубертатный возраст животных. У контрольных животных (n=29) после тета-стимуляции наклон восходящей фазы пВПСП увеличивался в 1,20±0,04 раза. Непарный t-тест не выявил значимых различий в выработке ДВП у экспериментальных животных (1,21±0,05; n=12; t = 0,06; p = 0,95) по сравнению с крысами контрольной группы (рис. 4). В контрольной группе в присутствии МК-801 ДВП не вырабатывалась (0,98±0,04; n=10; непарный t-тест = 2,71; $p < 0,01$, рис. 5 (A, B)). У экспериментальных животных пубертатного возраста МК-801 также блокировал выработку пластичности (1,02±0,05; n=9; непарный t-тест = 2,39; $p < 0,05$, рис. 5 (C,D)).

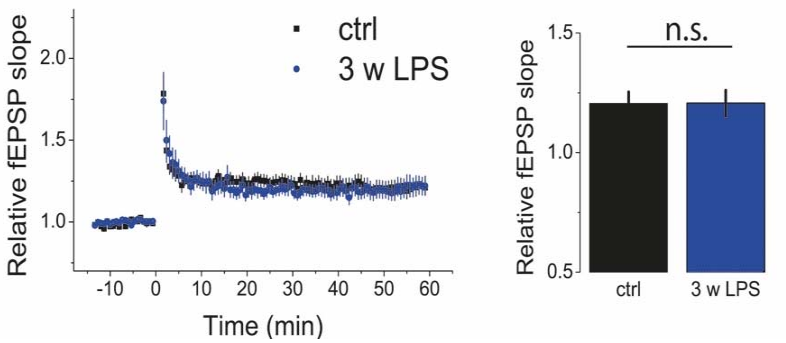


Рис. 4. Долговременная синаптическая потенциация восстанавливается у крыс пубертатного возраста, перенесших неонатальное введение бактериального ЛПС. n.s. – нет различий (непарный t-тест)

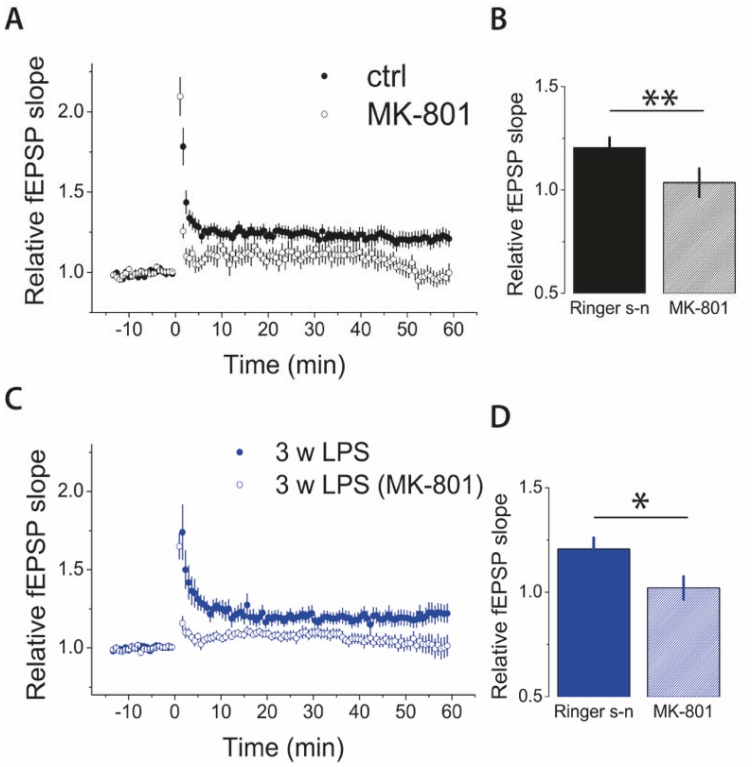


Рис. 5. Долговременная потенциация в поле CA1 обусловлена работой NMDA-рецепторов у крыс пубертатного возраста после неонатального введения ЛПС. A, C – изменение величины нормализованного наклона пВПСП у животных контрольной (ctrl) и экспериментальной (LPS 3 w) групп при использовании блокатора NMDA-рецепторов МК-801 (10 мкМ). B, D – диаграммы, иллюстрирующие величину ДВП в контрольной и экспериментальной группах соответственно. Ringer's s-n – без использования МК-801; МК-801 – при использовании МК-801; * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ (непарный t-тест)

Выводы. Бактериальный липополисахарид, введённый в период созревания NMDA-рецепторов, ослабляет клеточные механизмы обучения и памяти у ювенильных крыс. При этом меняется механизм выработки ДВП с NMDA-зависимого на обусловленный работой метаботропных глутаматных рецепторов I группы I подтипа. Однако у животных, достигших пубертатного периода развития, различий в величине и механизмах ДВП между контрольными и экспериментальными животными не наблюдается.

Таким образом, наблюдаемое снижение выработки ДВП в гиппокампе ювенильных животных, а также смена механизма индукции пластичности у ювенильных крыс при введении ЛПС в течение 3-й недели жизни носит обратимый кратковременный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1.Harré E.M. [и др.]. Neonatal inflammation produces selective behavioural deficits and alters N-methyl-D-aspartate receptor subunit mRNA in the adult rat brain // European Journal of Neuroscience. 2008. № 3 (27). С. 644–653.

2. Zubareva O.E. [и др.]. Impairments to conditioned reflex activity in adult rats after administration of interleukin-1β during early postnatal ontogeny // Neuroscience and Behavioral Physiology. 2013. № 2 (43). С. 210–213.

3. Kandel E.R. The molecular biology of memory storage: A dialog between genes and synapses // Bioscience Reports. 2004. № 4–5 (24). С. 477–522.

4. Wenzel A. [и др.]. NMDA Receptor Heterogeneity During Postnatal Development of the Rat Brain: Differential Expression of the NR2A, NR2B, and NR2C Subunit Proteins // Journal of Neurochemistry. 2010. № 2 (68). С. 469–478.

5. Bortolotto Z.A., Collingridge G.L. Characterisation of LTP induced by the activation of glutamate metabotropic receptors in area CA1 of the hippocampus // Neuropharmacology. 1993. № 1 (32). С. 1–9.

УДК 57.013

Ф.Ю. Кабаченко[1], Н.В. Белякова[2], Н.Л. Ронжина[2], О.К. Легина[2], С.Н. Нарыжный[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИХ КАРТ ИЗ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ БЕЛКОВ В ОБРАЗЦАХ ПЛАЗМЫ КРОВИ

Протеомные методы являются мощным инструментом для анализа белков и позволяют дать обширную информацию об их составе в биоматериале. С каждым годом протеомика находит все большее применение в области диагностики и лечения различных заболеваний. С развитием компьютерных технологий и увеличением вычислительной мощности изучение протеома также вышло на новый уровень – возникла возможность организовывать крупные базы данных белков.

Целью исследования стала оценка возможности применения сведений о белках из открытой базы данных, содержащей карты, построенные на основе двумерного электрофореза (2DE), при обработке результатов собственных экспериментов на основе той же методики.

Методы исследования. В качестве исследуемого материала использовалась плазма крови пациентов, у которых была диагностирована глиобластома, и плазма здоровых доноров.

В ходе эксперимента были определены концентрации белка по методу Брэдфорда [1], чтобы иметь возможность проводить сравнительный анализ одинаковых количеств белка в каждой из проб. Следующим шагом было разделение белков двумерным гель-электрофорезом в полиакриламидном геле по двум параметрам: изоэлектрической точке (pI) и молекулярному весу (Mw). Сначала белки разделяли изоэлектрофокусированием (ИЭФ), используя полоски ReadyStrip pH 5–8, 7 см (Био-Рад), и следуя протоколу производителя. Образцы смешивали с регидрирующим буфером (7 М мочевина, 2 М тиомочевина, 2% CHAPS, 0.3% ДТТ, 0.5% IPG буфер, pH 5–8, 0.001% бромфенол синий) в конечном объеме 130 мкл (300 мкг белка) на 7-см полоску. Чтобы подготовить полоски для разделения, их замачивали на ночь при 10°C, помещая гелем вниз в регидрирующем растворе. ИЭФ вели, доводя напряжение до 6 кВ, и заканчивали, набрав 10 кВчас. Затем ИЭФ полоски вымачивали (2 раза по 10 мин) в уравновешивающем растворе (50 мМ Трис–HCl, pH 6.8, 6 М мочевина, 2% додецилсульфат натрия (SDS) и 30% глицерин), содержащем вначале 1% ДТТ, а затем 5% йодацетамид. Полоски помещали сверху на 17% полиакриламидный гель второго направления и закрепляли заливкой 1 мл горячего раствора 0.5% агарозы в электродном буфере (25 мМ Трис, pH 8.3, 200 мМ глицин, и 0.1% SDS) и вели денатурирующий электрофорез второго направления, используя систему Hoefer miniVE (гель размером 80x90x1мМ, GE Healthcare). После электрофоретического разделения белков гель отмывали в фиксирующем буфере, окрашивали Кумасси R350 и сканировали [2].

Для проверки возможности сопоставления независимых результатов была использована база данных SWISS-2DPAGE Швейцарского Института Биоинформатики [3]. В данной базе имеется карта плазмы крови здорового человека с большим количеством детектированных белков, которые, по предположению, можно также определить и на экспериментальных гелях. Электрофоретическая карта из базы данных и некоторые из полученных экспериментально представлены на рис. 1.

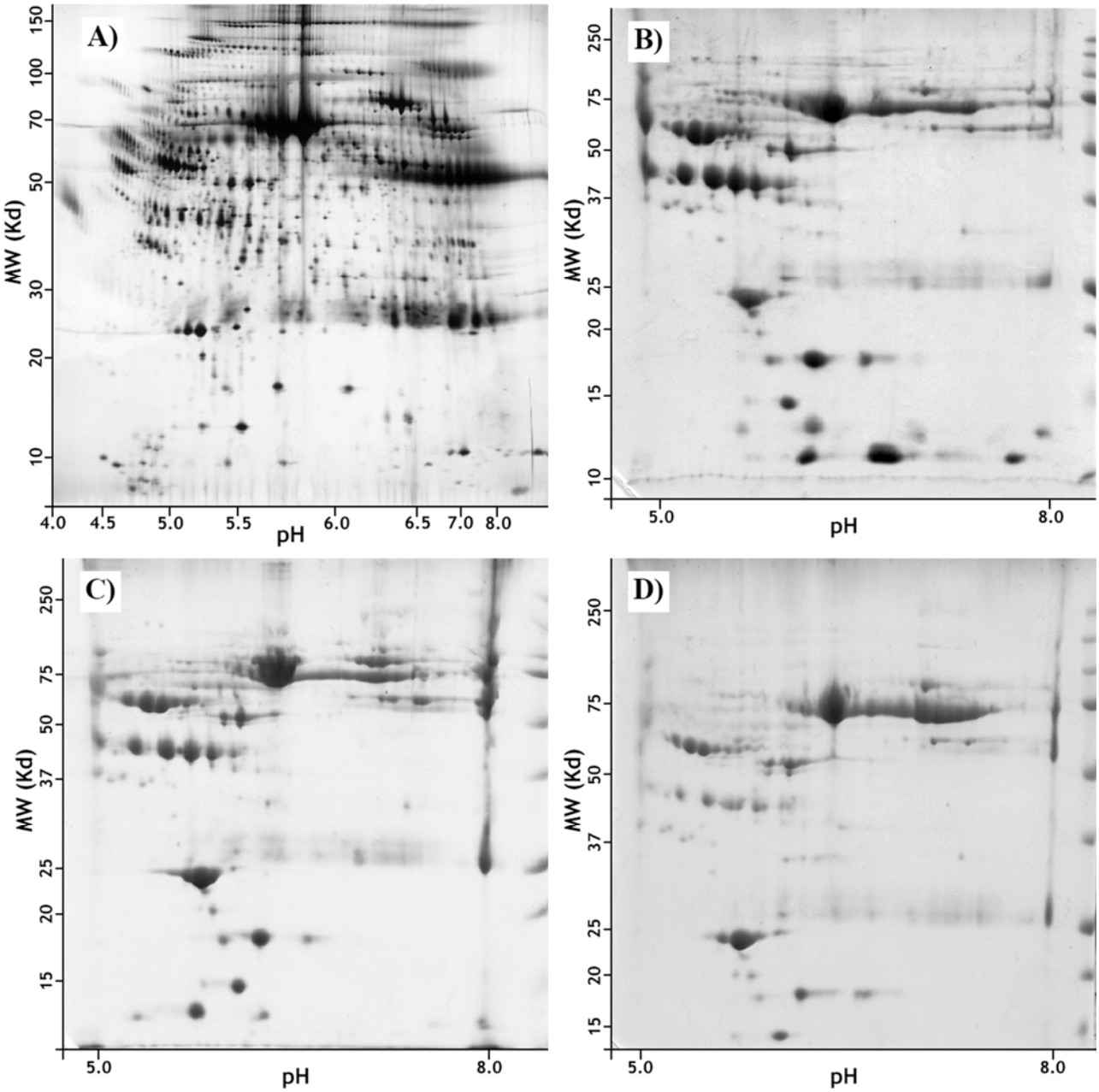


Рис. 1. (A) Карта плазмы крови человека SWISS-2DPAGE.
(B) – (D) Некоторые образцы из полученных экспериментально карт плазмы крови человека

Чтобы выделить отдельные пятна для анализа, была применена программа Progenesis SameSpots. Зная заданные экспериментом интервалы молекулярной массы и изоэлектрической точки, можно достаточно точно оценить их значения для каждого пятна. SameSpots использует выравнивание для создания единого точечного шаблона для всех изображений в наборе данных, поэтому для всех изображений имеется только один контур, дающий общую систему отсчета для создания сетки для экстраполяции pI и Mw. Следовательно, значения pI и Mw являются только оценками, основанными на выровненных пиках различных пятен. Как такового значения ошибки (диапазона значений) параметров для каждого пятна не существует – изменение чаще всего происходит из-за технического шума, возникающего при получении 2D гелей.

Вычисленные параметры для распознавания белков сравнивались с теоретическими из базы данных последовательностей белков UniProt, отдельные пятна белковых цепей также сравнивались с аналогичными пятнами, идентифицированными в SWISS-2DPAGE.

Результаты. На примере эталонной экспериментальной карты и карты из базы данных было произведено сравнение оценок pI и Mw некоторых пятен. В табл. 1 представлены значения молекулярной массы (Mw) и изоэлектрической точки (pI) для данных пятен, нумерация на картах и таблице совпадает. На рис. 2 они выделены красным.

Таблица 1. Сопоставление теоретических и экспериментальных данных для некоторых белковых пятен

№	Protein	pI		Mw, Da	
		Experimental	SWISS-2DPAGE	Experimental	SWISS-2DPAGE
1	α-1-Antitrypsin	5,14	5,10	54232	53626
2	Protein AMBP	5,11	5,07	30359	30920
3	Apoliprotein A-I	5,44	5,36	22719	23000
4	Ceruloplasmin	5,25	5,27	158000	157927
5	Clusterin	5,08	5,07	35369	35178
6	Fibrinogen γ-chain	5,72	5,65	49829	49566
7	Hemopexin	5,68	5,59	72561	72036
8	α2-Haptoglobin	6,08	6,07	17683	17069
9	β-Haptoglobin	5,19	5,21	42532	42229
10	Immunoglobulin λ-constant	6,87	6,89	24017	23915
11	Retinol-binding protein	5,27	5,24	19286	19759
12	Serum amyloid P-component	5,64	5,55	25824	26280
13	Serotransferrin	6,48	6,4	76087	75987
14	Transthyretin	5,58	5,52	14344	13800

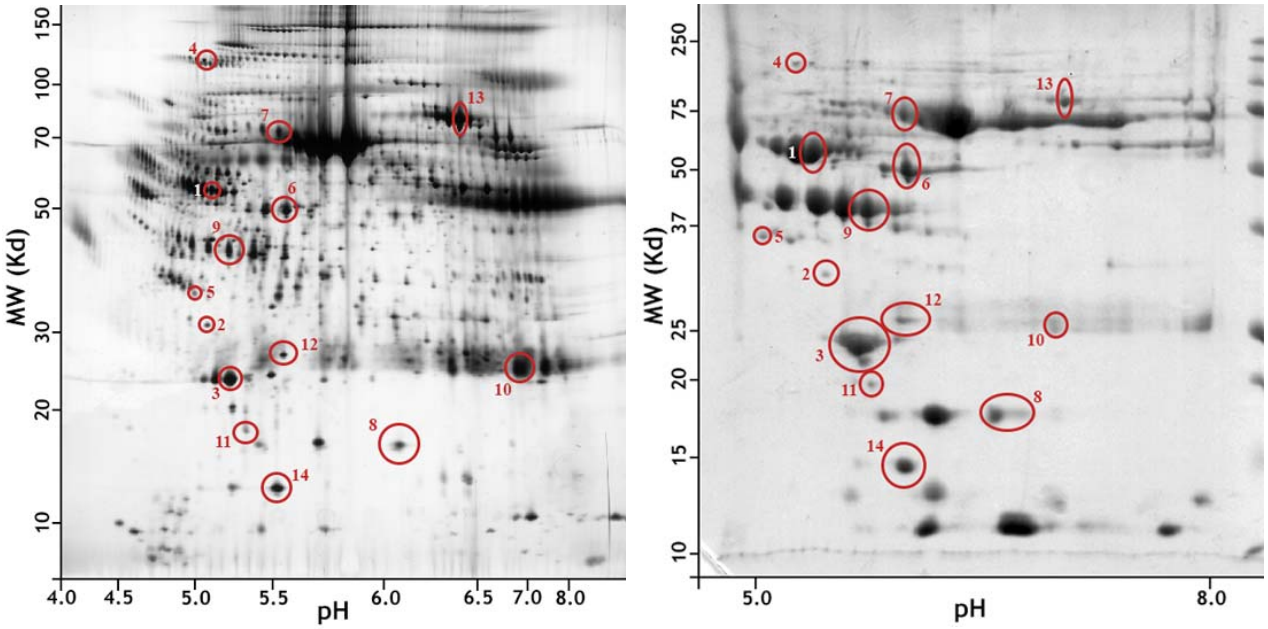


Рис. 2. Идентифицированные пятна. (Слева) 2DE карта плазмы крови человека SWISS-2DPAGE. (Справа) Эталонная экспериментальная 2DE карта плазмы крови человека

Из представленной Таблицы можно наблюдать, что экспериментальные значения изоэлектрической точки и молекулярной массы для пятен очень близки к данным базы данных SWISS-2DPAGE. Достоверность идентификации белков подтверждается масс-спектрометрическим анализом [4].

Важно отметить, что в процессе эксперимента были получены карты плазмы, визуально отличающиеся друг от друга наличием различных комбинаций цепей

гаптоглобина (Hp). Это связано с тем, что данный белок состоит из двух полипептидных цепей (α и β) и имеет несколько фенотипов: 1-1, 2-1 и 2-2. Hp1-1 фенотип экспрессирует только α1 цепи (8,9 кДа), Hp2-2 фенотип экспрессирует α2 цепи (16 кДа), Hp2-1 свойственно наличие и α1, и α2 цепей. β цепь (40 кДа) идентична для Hp всех типов [5]. Вариации представлены на рис. 3.

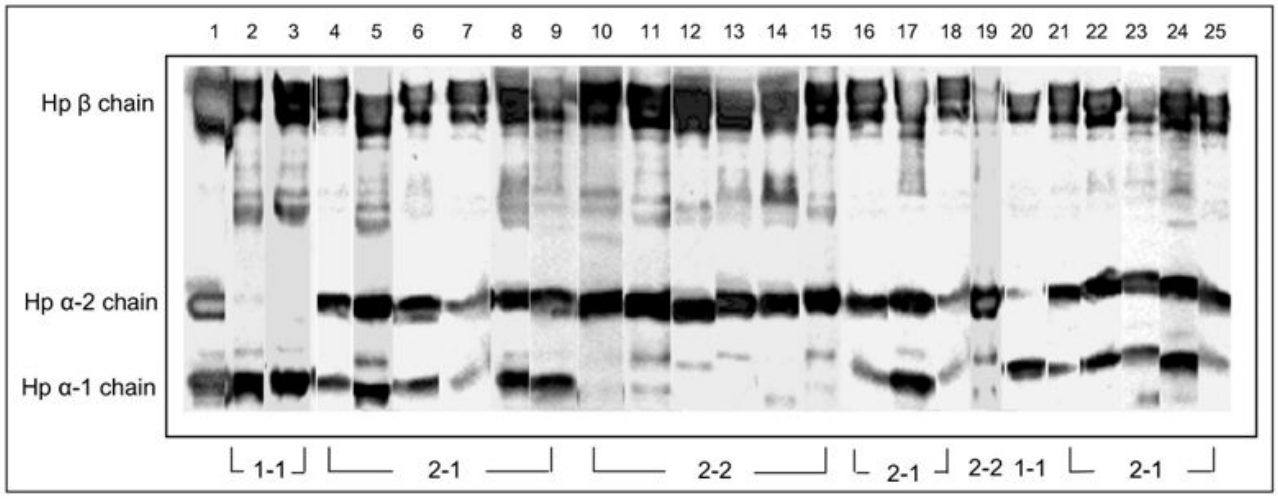


Рис. 1. Варианты фенотипов гаптоглобина, детектированные Вестерн-блоттингом [5]. Представлены данные по идентификации профилей гаптоглобина (наборов альфа и бета-цепей) у различных доноров с помощью поликлональных антител к гаптоглобину

Выводы. Суммируя полученные результаты, можно говорить, что использование метода сравнительного анализа экспериментальных и полученных из баз данных двумерных электрофоретических карт белков для идентификации белков оправдано, как минимум для образцов плазмы крови. Это позволяет значительно сократить время анализа и обойтись без дорогостоящих иммунологических и масс-спектрометрических методов идентификации белков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bradford M.M. Analytical Biochemistry, 1976, volume 72, numbers 1 and 2, pp. 248–54.

2. С.Н. Нарыжный, Н.Л. Ронжина, М.А. Майнскова, Н.В. Белякова, Р.А. Пантина, М.В. Филатов. Биомедицинская химия, 2014, т. 60, вып. 3, с. 308–321.

3. Appel RD, Sanchez JC, Bairoch A, Golaz O, Miu M, Vargas JR, Hochstrasser DF. Electrophoresis. 1993 Nov; 14(11): 1232–8.

4. Naryzhny S.N., Zgoda V.G., Maynskova M.A., Novikova S.E., Ronzhina N.L., Vakhrushev I.V., Khryapova E.V., Lisitsa A.V., Tikhonova O.V., Ponomarenko E.A., Archakov A.I. Electrophoresis. 2016 Jan; 37(2): 302–9.

5. Joseph McGuirk, Gang Hao, Weijian Hou, Sunil Abhyankar, Casey Williams, Weisi Yan, Jianda Yuan, Xiuqin Guan, Robert Belt, Shaun Dejarnette, Jeffery Wieman, Ying Yan. Serum proteomic profiling and haptoglobin polymorphisms in patients with GVHD after allogeneic hematopoietic cell transplantation. Journal of Hematology & Oncology 2009, 2.

УДК 606

Т.Е. Карпов[1], А.Р. Муслимов[2], М.В. Зюзин[3], Р.А. Сурменев[4], А.С. Тимин[4]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова
[3] Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
[4] Национальный исследовательский Томский политехнический университет

БИОТЕХНОЛОГИЧНАЯ ПЛАТФОРМА НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ СКАФФОЛДОВ И СУБМИКРОННЫХ НОСИТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ФАКТОРОВ РОСТА И ИХ ДЛИТЕЛЬНОГО ВЫСВОБОЖДЕНИЯ

В настоящее время разработано большое количество инновационных подходов к лечению травматических повреждений, эндокринологических заболеваний, косметических дефектов и др [1, 2]. Регенерация сильно поврежденных тканей, утративших способность выполнять свои функции, является актуальной задачей в трансляционной медицине. В начале 20-го века биологи для восстановления поврежденной ткани в основном сосредоточились на выделении и культивировании нативных клеток-предшественников, то есть для устранения дефекта использовалась собственная ткань, полученная из тела пациента (фрагменты костей, кожи и подкожной жировой ткани), так называемый аутологичный материал [3]. Однако использование аутологичных материалов для регенеративного лечения имеет ряд недостатков: ограниченный объем тканей, возможность возникновения бактериальной контаминации, трудности в контроле их роста и развития. Кроме того, используемые для регенерации тканей клеточные монослои зачастую являются двумерными структурами (2D). Однако для многоклеточных организмов важно разрабатывать трехмерные (3D) структуры, которые будут способны обеспечить структурную целостность организма, обозначить функциональные границы тканей и очертить конкретное микроокружение [4]. Для преодоления вышеупомянутых ограничений необходимо объединить принципы клеточной биологии с материаловедением [5, 6]. Действительно, огромный прогресс в тканевой инженерии и регенеративной медицине был достигнут благодаря разработке биоразлагаемых и биосовместимых с живыми тканями материалов, состоящих из натуральных или синтетических полимеров (так называемые трехмерные полимерные скаффолды) [7]. Данные биоматериалы обеспечивают механические и биохимические взаимодействия, которые, в свою очередь, определяют поведение клеток и обеспечивают общую стратегию клеточной интеграции с трехмерными скаффолдами [8]. Помимо комбинации полимерных скаффолдов с аутологичными клетками, требуется использование биологически активных молекул, которые способны ускорять рост, восстанавливать и заменять ткани. Фактически, биоактивные соединения, такие как факторы роста, могут стимулировать пролиферацию и дифференцировку нативных клеток пациента в структуре скаффолдов [9]. Несмотря на значительный потенциал применения факторов роста в регенеративной медицине, необходимо решить определенные трудности, обусловленные их доставкой и стабильностью. Поскольку факторы роста – вещества белковой природы, они чувствительны к окружающим условиям (например, к изменениям pH среды, температуры), возникающим в процессе изготовления гибридных полимерных скаффолдов. Кроме того, существенную роль играет профиль высвобождения факторов роста из скаффолдов. Необходимо обеспечить постепенное и непрерывное высвобождение биоактивных молекул для создания и поддержания нужной терапевтической концентрации в интересующей зоне в течение длительного периода времени. Основными методами включения факторов роста белка в структуру трехмерных скаффолдов являются физическая адсорбция, химическое

конъюгирование, со-осаждение во время изготовления скаффолдов или использование частиц субмикронных размеров. Включение во время синтеза скаффолдов может привести к повреждению структуры факторов роста в органических растворителях. В то же время физическая адсорбция и/или химическое сопряжение не всегда защищают факторы роста от воздействия биологической среды. Поэтому включение факторов роста в субмикрочастицы можно рассматривать как один из наиболее перспективных подходов, поскольку оно происходит в мягких условиях (так что факторы роста остаются защищенными от механических повреждений и ферментативной деградации). Таким образом, данное исследование направленно на разработку многокомпонентной биосовместимой платформы, которая будет обладать различными функциональными возможностями, например, улучшенными поверхностными свойствами для клеточной адгезии и пролиферации, системой безопасного включения факторов роста и будет обеспечивать соответствующую микросреду для клеточной дифференцировки.

Цели и задачи – проверить адсорбционное взаимодействие между скаффолдами и субмикронными носителями, оценить биологическую активность клеточных культур (TF-1 и ММСК), взаимодействующих с комплексом скаффолд/субмикронные носители, проанализировать различные стратегии включения ростовых факторов в субмикронные носители, проанализировать направленную остеогенную дифференцировку ММСК, адгезировавших на поверхности скаффолдов, под действием ростовых факторов.

Результаты. В настоящей работе полимерные скаффолды, синтезированные на основе полигидроксибутирата (PHB) и полигидроксибутирата с включенным восстановленным оксидом графена (PHB-rGO), дополнительно модифицированные $CaCO_3$ “core-shell” частицами субмикрометрического размера (CSPs) и капсулами с покрытием из диоксида кремния (Si Caps), были разработаны для безопасной загрузки факторов роста (костный морфогенетический белок-2 (BMP-2) и эритропоэтин (EPO)) и достижения их длительного высвобождения. Адсорбционное взаимодействие между скаффолдами разных типов и субмикронными носителями (CSPs и Si Caps) были изучены и визуализированы с помощью конфокальной лазерной сканирующей микроскопии (Carl Zeiss LSM 710 микроскоп, объектив EC Plan-Neofluar 40x/1.30 Oil DIC, объектив Plan-Apochromat 63x/1.40 Oil DIC) (рис. 1).

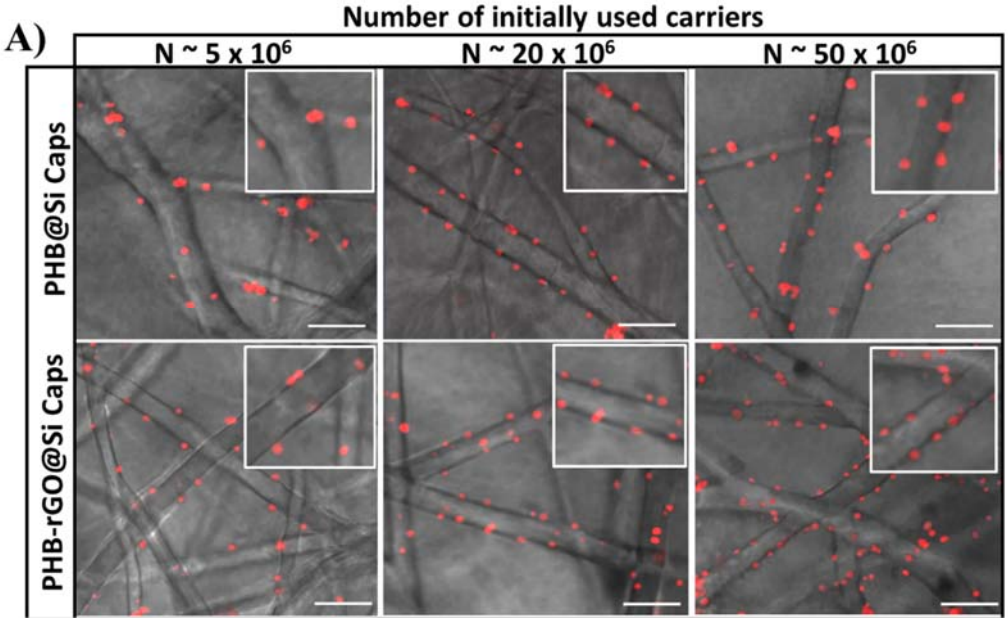


Рис. 1. Изображения количества адсорбировавшихся Si Caps на поверхности скаффолдов в зависимости от изначальной концентрации добавленных носителей, изображения получены с помощью конфокальной лазерной сканирующей микроскопии (CLSM)

После функционализации скаффолдов субмикронными носителями были дополнительно исследованы адгезия, жизнеспособность и пролиферация клеток, адгезировавших на поверхности скаффолдов. В качестве клеточной культуры были выбрана ММСК, полученные из костного мозга пациентов. Адгезия и жизнеспособность были оценены через 24 часа инкубации и визуализированы с помощью флуоресцентных красителей (BSA-TRITC, phalloidine AlexaFluor 488, DAPI) (рис. 2) и красителей оценки жизнеспособности. Пролиферация была оценена на 1, 3 и 7 дни инкубации.

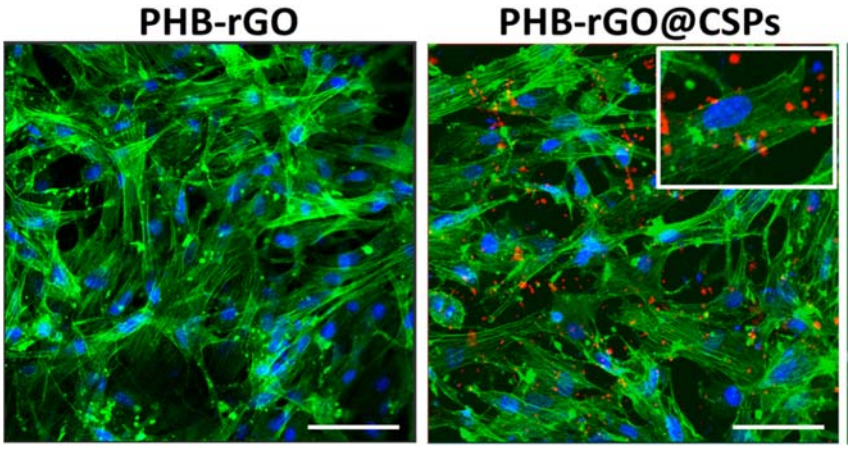


Рис. 2. CLSM-изображения ММСК, адгезировавших к PHB-rGO скаффолдам, модифицированным CSPs (Ядра ММСК были окрашены DAPI; мембрана – фаллоидином AlexaFluor 488; в носители был загружен BSA-TRITC)

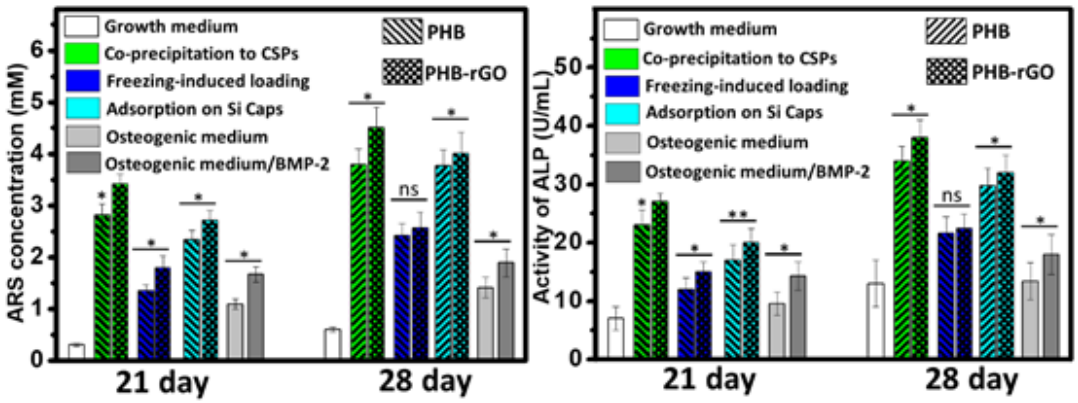


Рис. 3. (Слева) Количество ализарина красного, детектировавший минерализованный матрикс, и (Справа) Активность щелочной фосфатазы hMSCs, культивированных на различных скаффолдах в течение 21 и 28 дней

Было изучено, как нагруженные BMP-2 CSPs и Si Caps, иммобилизованные на скаффолдах, регулировали остеогенную дифференцировку ММСК. BMP-2 был включен в CSP и Si Caps с использованием трех различных стратегий (совместное осаждение, загрузка с помощью вмораживания и адсорбция на Si Caps). Анализ остеогенной дифференцировки был произведен на 21 и 28 сутки путем окрашивания образцов ализарином красным и с помощью щелочной фосфатазы (рис. 3).

Таким образом, можно заключить, что:

1) Адсорбционное взаимодействие между скаффолдами и субмикронноми носителями, обусловленное электростатическими и Ван-дер-Вальсовыми силами, оказалось достаточно стабильным для преодоления механических воздействий.

2) Присутствие на поверхности скаффолдов носителей отрицательно не повлияло на адгезию, пролиферацию и жизнеспособность ММСК.

3) Скаффолды, нагруженные BMP-2, обеспечили повышенный остеогенный потенциал ММСК и минерализацию по сравнению с контрольными скаффолдами.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-33-20076.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ashammakhi, N.; Ahadian, S.; Ostrovidov, S.; Dokmeci, M.R.; Khademhosseini, A. In Situ Three-Dimensional Printing for Reparative and Regenerative Therapy. *Biomed. Microdevices* **2019**, *21* (2), 42.

2. Aguilar, C.A.; Greising, S.M.; Larouche, J.; Corona, B.T. Multiscale Analysis of a Regenerative Therapy for Treatment of Volumetric Muscle Loss Injury. *Cell Death Discov.* **2018**, *4* (1), 33.

3. Mumme, M.; Barbero, A.; Miot, S.; Wixmerten, A.; Feliciano, S.; Wolf, F.; Asnaghi, A.M.; Baumhoer, D.; Bieri, O.; Kretzschmar, M.; et al. Nasal Chondrocyte-Based Engineered Autologous Cartilage Tissue for Repair of Articular Cartilage Defects: An Observational First-in-Human Trial. *Lancet* **2016**, *388* (10055), 1985–1994.

4. Huang, G.; Li, F.; Zhao, X.; Ma, Y.; Li, Y.; Lin, M.; Jin, G.; Lu, T.J.; Genin, G.M.; Xu, F. Functional and Biomimetic Materials for Engineering of the Three-Dimensional Cell Microenvironment. Chem. Rev. 2017, 117 (20), 12764–12850. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00094.

5. Koons, G.L.; Mikos, A.G. Progress in Three-Dimensional Printing with Growth Factors. J. Control. Release 2019, 295, 50–59. https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2018.12.035.

6. Niu, Y.; Li, Q.; Ding, Y.; Dong, L.; Wang, C. Engineered Delivery Strategies for Enhanced Control of Growth Factor Activities in Wound Heal.

7. Steffens, D.; Braghirolli, D. I.; Maurmann, N.; Pranke, P. Update on the Main Use of Biomaterials and Techniques Associated with Tissue Engineering. *Drug Discov. Today* **2018**, *23* (8), 1474–1488. https://doi.org/10.1016/j.drudis.2018.03.013.

8. Moradi, S.L.; Golchin, A.; Hajishafieeha, Z.; Khani, M.-M.; Ardeshirylajimi, A. Bone Tissue Engineering: Adult Stem Cells in Combination with Electrospun Nanofibrous Scaffolds. J. Cell. Physiol. 2018, 233 (10), 6509–6522. https://doi.org/10.1002/jcp.26606.

9. Timin, A.S.; Muslimov, A.R.; Zyuzin, M.V.; Peltek, O.O.; Karpov, T.E.; Sergeev, I S.; Dotsenko, A.I.; Goncharenko, A.A.; Yolshin, N.D.; Sinelnik, A.; Krause, B.; Baumbach, T.; Surmeneva, M.A.; Chernozem, R.V.; Sukhorukov, G.B.; Surmenev, R.A. Multifunctional Scaffolds with Improved Antimicrobial Properties and Osteogenicity Based on Piezoelectric Electrospun Fibers Decorated with Bioactive Composite Microcapsules. ACS Appl. Mater. Interfaces 2018, 10 (41), 34849–34868. https://doi.org/10.1021/acsami.8b09810.

УДК 606

А.С. Курочкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА α-АМИЛАЗЫ, ЛИПАЗЫ И ПРОТЕАЗЫ ИЗ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ

На протяжении многих лет фармацевтическая промышленность активно разрабатывает и производит ферментные препараты, полученные на основе животного, микробного и растительного сырья. Наибольшее распространение ферментные препараты нашли в пищевой промышленности (хлебопечение, виноделие), сельскохозяйственной промышленности (кормовые добавки для скота) и медицине.

В медицине ферментные препараты применяют при нарушении пищеварения, для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени и поджелудочной железы. Эффективность этих препаратов определяется входящим в их состав комплексом гидролитических ферментов (в их числе α-амилаза, протеаза и липаза). Примером такого препарата может служить панкреатин. Панкреатин входит в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов [1], однако в данный момент этот

препарат на территории Российской Федерации не производится, поэтому необходимо искать новые способы получения данного препарата из нестандартного сырья.

Цель работы – подобрать условия экстракции и способы очистки гидролитических и протеолитических ферментов из поджелудочной железы северного оленя.

Задачи исследования: подобрать эффективный сорбент и оптимальные условия сорбции комплекса ферментов из экстракта поджелудочной железы северного оленя и из модельного раствора; оценить влияние β-циклодекстринов на стабильность протеазы при различных условиях; провести сорбцию исследуемых ферментов и выделить их из экстракта поджелудочной железы северного оленя.

Материалы и методы. Для подбора условий сорбции ферментов панкреатина из поджелудочной железы северного оленя, была проведена работа по выбору оптимального сорбента, а также подбор оптимального pH для сорбции комплекса ферментов на модельном растворе препарата Панкреатин (Sigma Aldric, Germany). Параметры сорбции комплекса ферментов изучались на следующих сорбентах: Purolite C150, Purolite C115EC, Purolite A400MBOH, Purasorb AP500, КУ-23 [2]. Установлено, что наиболее подходящим сорбентом для сорбции комплекса ферментов панкреатина является карбоксильный катионит Purolite C115EC при оптимальном уровне pH=4. Это показано на рис. 1. Выходная кривая строилась на основании измерения активности исследуемых ферментов.

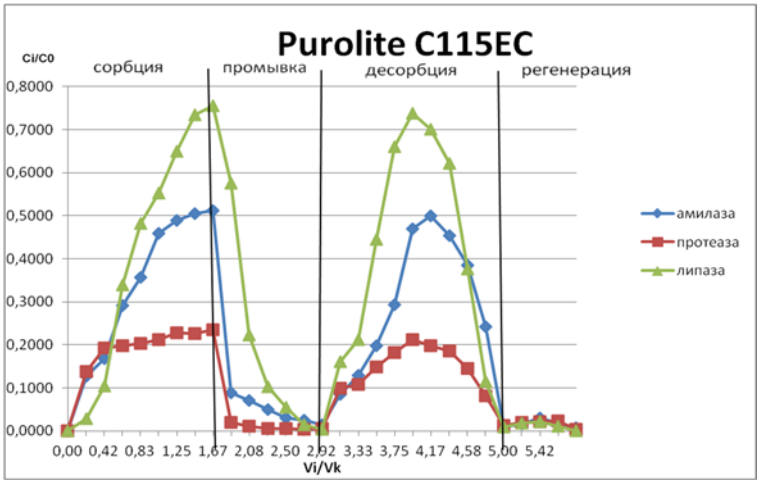


Рис. 1. Выходная кривая сорбции и десорбции панкреатина на сорбенте Purolite C115EC.
C_i – концентрация общего белка в исследуемой пробе, мг/мл; C_0 – концентрация общего белка в исходном растворе, мг/мл; V_i – объем элюции, мл; V_k – объем колонки, мл

Экстракция проводилась по методике ООО «Самсон-Мед», которая используется при получении комплекса ферментов из поджелудочной железы крупного рогатого скота. Однако, по литературным данным [3] известно, что в поджелудочной железе северного оленя протеаза содержится в активном виде, что может препятствовать выделению амилазы и липазы. Для ингибирования протеазы, чтобы не дать ей разрушить другие целевые ферменты, экстракция велась при температуре +5°С, а также в экстракт были добавлены наноматериалы β-циклодекстрины, обеспечивающие сохранность ферментов от разрушающего воздействия протеазы [4]. Экстрагентом служила 0.5% уксусная кислота, экстракция велась при перемешивании в течение 3 часов, затем полученный экстракт осветляли методом центрифугирования.

Количество β-циклодекстринов подобрано экспериментально, определена активность протеазы в модельном растворе препарата Панкреатин при различных соотношениях количества фермента и наноматериалов (рис. 2).

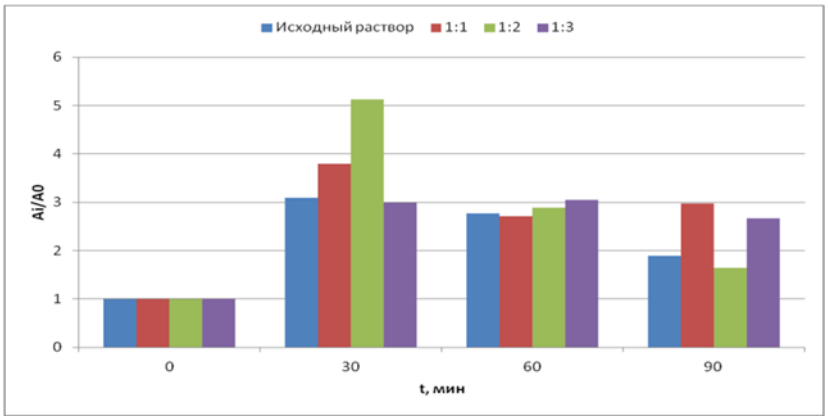


Рис. 2. Влияние β-циклодекстринов на активность протеазы. A_i – ферментативная активность в исследуемой пробе, ПЕ/мл; A_0 – ферментативная активность в исходном растворе, ПЕ/мл; t – время выдержки пробы, мин.

Исходя из диаграммы на рис. 2, выбрано соотношение для ингибирования протеаз – 1:2 при времени выдержки 90 минут. В таком соотношении с соблюдением необходимых условий β-циклодекстрины были добавлены в экстракционную смесь в начале процесса экстракции.

Для подтверждения наличия ферментов панкреатина в полученном экстракте был проведён гельхроматографический анализ (рис. 3).



Рис. 3. Гельхроматограмма осветлённого экстракта. C_i – концентрация общего белка в исследуемой пробе, мг/мл; C_0 – концентрация общего белка в исходном растворе, мг/мл; V_i – объем элюции, мл

Результаты и их обсуждение. В результате гельхроматографического анализа получены 4 пика. Для каждого из пиков по заранее построенной калибровочной кривой были получены следующие значения молекулярной массы: пик 1 соответствует значению молекулярной массы 63 кДа и является высокомолекулярной примесью, пик 2 – 44 кДа, пик 3 – 35 кДа, пик 4 – 30 кДа. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что в полученном экстракте присутствуют высокомолекулярные примеси, а также амилаза (2 пик), липаза (3 пик) и протеаза (4 пик). Это подтвердилось путём проверки пиков на соответствующую активность.

Были проведены процессы сорбции и десорбции целевых ферментов из осветлённого экстракта поджелудочной железы северного оленя на выбранном оптимальном сорбенте. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Выходы исследуемых ферментов на стадии десорбции

Сорбент	Выход на стадии десорбции, %		
	α-амилаза	Протеаза	Липаза
Purolite C115EC	96	89	93

Таким образом, в ходе данной работы были разработаны современные методы выделения и очистки гидролитических и протеолитических ферментов из поджелудочной железы северного оленя.

Выводы:

1. Подобран эффективный сорбент (Purolite C115EC) и оптимальные условия сорбции комплекса ферментов из экстракта поджелудочной железы северного оленя с использованием модельного раствора препарата Панкреатин.

2. Проведены исследования по оценки влияния β-циклодекстринов на стабильность протеазы при различных условиях.

3. Подобраны условия экстракции ферментов панкреатина из поджелудочной железы северного оленя, а также была проведена сорбция амилазы, липазы и протеазы при ингибировании протеазы β-циклодекстринами.

4. Выделены все ферменты панкреатина на наиболее эффективном сорбенте в процессе сорбции из экстракта поджелудочной железы северного оленя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10.12.2018 № 2738-р «Об утверждении перечня жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения на 2019 год» // Собрание Законодательства Российской Федерации. 2018. – № 50. – Ст. 8075.

2. Пилипчук, Ю.П. Изучение параметров сорбции гидролитических ферментов на сорбентах различной структуры / Ю.П. Пилипчук, Н.В. Глазова // Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инновации в здоровье нации», Санкт-Петербург, 9–10 ноября 2016 г. – СПб.: Изд-во СПХФА, 2016.

3. Анатомия северного оленя / В.Г. Шелепов, А.С. Донченко, К.А. Лайшев, Н.В. Зеленевский. – Новосибирск, 2003. – 434 с.

4. Терехова, И.В. Комплексообразование циклодекстринов с некоторыми биологически активными соединениями в водных растворах: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.х.н.: 02.00.04 / Терехова Ирина Владимировна. – Иваново, 2013. – 301 с.

УДК 632.4

В.В. Соляникова[1], И.Д. Созина[1], О.Б. Иванченко[1], О.А. Баранова[2], О.П. Митрофанова[3]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
[3]Федеральный исследовательски центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

Пшеница является ведущей зерновой культурой во многих странах мира, в том числе и в России. Лидирующую позицию по производству пшеницы в мире занимает Китай, за ним следуют США, Индия, Россия, Франция и другие страны. По итогам 2018 года Российская

Федерация заняла первое место в мире по экспорту зерна, собрав рекордный урожай – 135,4 млн тонн.

Следует отметить, что в настоящее время важной задачей специалистов является защита сортов и селекционных линий пшеницы от бактериальных, вирусных, грибковых заболеваний. которые могут вызывать значительные потери урожая, ухудшение качества зерна, попадание в пищевое сырье спор микроскопических грибов и токсичных продуктов их жизнедеятельности, и тем самым нанести ущерб сельскому хозяйству, пищевой промышленности и экономике страны в целом [1].

Одно из самых опасных заболеваний пшеницы – стеблевая ржавчина (возбудитель – гриб *Puccinia graminis f. sp. tritici)*. Несмотря на то, что в некоторых районах Российской Федерации ежегодные потери урожая от других болезней, таких как головня, корневые гнили, в среднем бывают выше, чем от стеблевой ржавчины, значение ржавчины и постоянная угроза вспышки ее эпифитотии намного выше вследствие ее массовости.

Стеблевая ржавчина способна быстро распространяться, охватывая значительные площади посевов, потери урожая могут составлять 50–80%. Заболевание проявляется на стеблях, листовых влагалищах, иногда на остях и стержне колоса в виде продолговатых ржаво-бурого цвета пустул, заполненных урединиоспорами с последующим разрывом эпидермиса. Патоген нарушает процесс формирования зерна и влияет на хлебопекарные качества муки. Болезнь подавляет процессы синтеза и отложения крахмала, а также протеина в эндосперме, что обуславливает щуплость зерна [2].

В 1999 году в Уганде была впервые зарегистрирована активность высоковредоносной расы стеблевой ржавчины *Ug99*, способной вызывать потери урожая пшеницы до 100%. *Ug99* поражает сорта с геном *Sr31*, который обеспечивал защиту пшеницы последние 40 лет. В настоящее время *Ug99* распространяется по странам Африки и ближнего Востока [3].

Наиболее экономичным и безопасным методом защиты пшеницы от заболеваний является возделывание устойчивых сортов. В связи с усилением вредоносности стеблевой ржавчины на территории Российской Федерации и возможным заносом высоковредоносной расы этого патогена – *Ug99* и ее биотипов, важным критерием отбора потенциальных доноров устойчивости, является наличие генов, эффективных против *Ug99*, а также устойчивость к местным популяциям патогена [4].

Существует ряд генов, обуславливающих устойчивость пшеницы к стеблевой ржавчине. Они имеют название Sr-гены. В настоящее время насчитывается около 70 генов устойчивости к стеблевой ржавчине, как эффективных, так и уже потерявших эффективность. Так, идентифицированы гены устойчивости эффективные против местных популяций патогена и расы *Ug99*. К ним относятся *Sr28, Sr29, SrTmp (T. aestivum), Sr2, Sr13, Sr14 (T. turgidum), Sr22, Sr35 (T. monococcum), Sr36, Sr37 (T. timofeevi), Sr32, Sr39 (T. speltoides), Sr33, Sr45 (T. tauschii), Sr40 (T. araraticum), Sr24, Sr25, Sr26, Sr43 (Agropyron elongatum), Sr44 (Agropyron intermedium), Sr27, 1A.1R (Secale cereale)* [5].

Целью работы стала идентификация 6 Sr-генов (*Sr28, Sr25, Sr2, Sr38, Sr57/Lr34, Sr31*) в 14 сортах и 57 линиях озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР, оценка устойчивости исследуемых образцов к местным популяциям патогенного гриба.

Для достижения поставленной цели исследования решали следующие *задачи*:

1. Проведение оценки взятых в анализ образцов пшеницы на устойчивость к омской популяции возбудителя стеблевой ржавчины 2018 года и субпопуляции с сорта Нивосибирская 41, а также монопустульным изолятам гриба – «З.1» из зерноградской популяции патогена и «Ф18.6» из саратовской популяции гриба;

2. Проведение скрининга с использованием молекулярных маркеров 14 сортов и 57 селекционных линий озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР на наличие 6 Sr-генов (*Sr28, Sr25, Sr2, Sr38, Sr57/Lr34, Sr31*).

Методы исследования. Основным методом, используемым для идентификации генов, является метод ПЦР.

Первым этапом зерна исследуемых образцов пшеницы проращивали в течение 5 суток в специальных пластиковых кюветах на смоченной водой фильтровальной бумаге, помещенных на светоустановку при температуре 25–28°С. На 48 часов кювету накрывают светонепроницаемым стеклом, затем стекло снимают и по мере необходимости периодически доливают воду в поддон.

Тотальную ДНК выделяли из проростков CTAB методом. Метод выделения ДНК с использованием CTAB – бромистого цетилтиметиламмония (*cetyltrimethylammonium bromide*), хорошо подходит для выделения и очистки ДНК из растений и пищевых продуктов растительного происхождения [6]. Для выделения ДНК используются следующие реактивы и оборудование: керамическая ступка с пестиком, пробирки Эппендорф, буфер для экстракции (CTAB-буфер), шпатель, термошейкер «BIOSAN TS-100C», хлороформ, центрифуга, ледяной изопропанол, 70%-ный раствор этилового спирта, вода.

Идентификацию генов устойчивости (*Sr28, Sr25, Sr2, Sr38, Sr57/Lr34 и Sr31*) проводили методом ПЦР с использованием специфичных праймеров [7]. ПЦР (полимеразная цепная реакция) – это осуществляемая в условиях *in vitro* специфическая амплификация участков нуклеиновых кислот, инициируемая синтетическими олигонуклеотидными праймерами. Для проведения генетического анализа образцов были использованы прямой и обратный праймеры, Taq-полимераза, буфер, смесь дезоксинуклеотидтрифофатов (дНТФ), анализируемый образец ДНК, вода, Mg^{2+} (1–3 mM MgCl или Mg2SO4), амплификатор «BIO RAD C1000 Termal Cycler».

Детекцию продуктов амплификации проводят при помощи метода электрофореза в агарозном геле, реагенты для проведения которого собраны в специальный набор, который включает сухую агарозу, TBE-буфер, ДНК-маркер гена *Sr31*, краситель – бромистый этидий. Электрофорез проводят при напряжении 100–150 В в течение 20–30 мин. По окончании электрофареза гель помещают в систему гель-документирования «BIO RAD ChemiDoc XRS+» и проводят учет полученных результатов [8].

Оценка устойчивости проведена по принятой лабораторной методике на стадии проростков [9]. Реакцию проростков на инокуляцию суспензией *P. graminis* оценивали на 10–12 сутки по стандартной шкале Стекмена [10]. Для этого были использованы омская популяция возбудителя стеблевой ржавчины 2018 года и субпопуляция с сорта Нивосибирская 41, а также монопустульные изоляты гриба – «3.1» из зерноградской популяции патогена и «Ф 18.6» из саратовской популяции гриба.

Результаты. В ходе исследования 14 сортов и 57 перспективных селекционных линий озимой мягкой пшеницы были оценены на устойчивость к стеблевой ржавчине. К омской популяции патогена были устойчивы всего 15 образцов (3 гетерогенных), что составляет 21% от общего числа исследуемых образцов, к популяции с сорта Новосибирская 41 – 22 образца – 31% (4 гетерогенных), к монопустольному изоляту Зерноградка 1 – 27 образцов – 38% (3 гетерогенных) и к изоляту с сорта Фаворит – 7 образцов, что составляет всего 10% (1 гетерогенный) от общего числа исследуемых образцов. Из изученных сортов и линий только сорт Настя и три селекционных линии – KS-18474, KS-18683 и KS-18709 были устойчивы ко всем взятым на анализ популяциям и монопустульным изолятам возбудителя стеблевой ржавчины.

В результате идентификации генов устойчивости с использованием молекулярных маркеров, ген *Sr31/Lr26* был идентифицирован с помощью маркера scm9 у 6 (1 гетерогенный) образцов из всех исследуемых. Из генов, эффективных против расы *Ug99* и ее биотипов, в образцах идентифицированы ген *Sr57/Lr34* в 16 образцах с использованием маркера csLV34 и ген *Sr28* (маркер wPt-7004) – в 15 образцах (рис. 1). Гены *Sr2*, *Sr25* и *Sr38/Lr37* в проанализированном материале обнаружены не были.

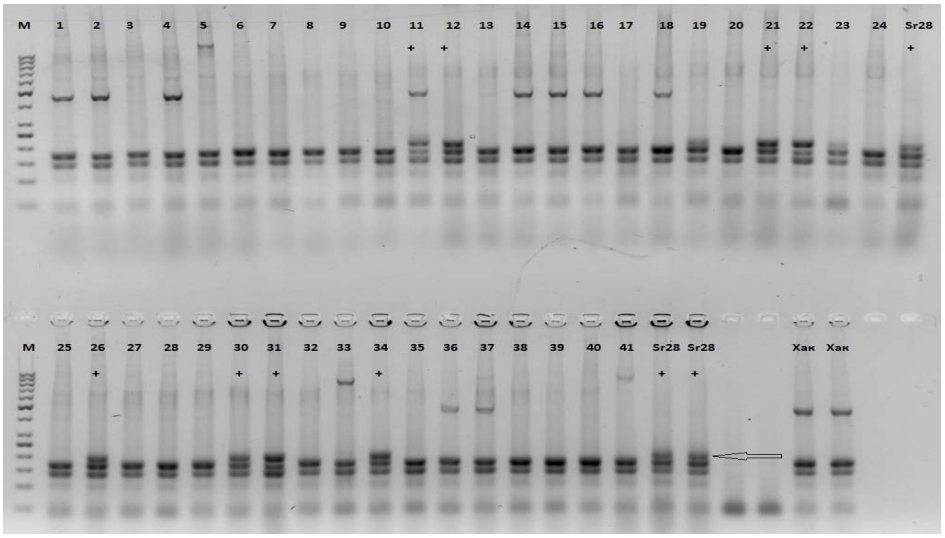


Рис. 1. Идентификация гена *Sr28* с использованием молекулярного маркера wPt7004:
M – маркер молекулярного веса 100 bp «Fermentas».
Стрелкой указан диагностический фрагмент с молекулярным весом 194 п.о.

Таблица 1. Результаты оценки устойчивости к стеблевой ржавчине образцов озимой пшеницы с идентифицированными *Sr* генами

№ каталога ВИР	**Образец**	**Устойчивость к стеблевой ржавчине**				**Идентифицированные Sr гены**					
		3.1 мп	**Новос41 (2018)**	**$Ф_{18}$6. мп**	**Ом18 (2018)**	***Sr31***	***Sr57/ Lr34***	***Sr2***	***Sr28***	***Sr38***	***Sr25***
65777	**KS-18740**	**3=0;**	**2+**	**3**	**3-**	-	+	-	-	-	-
65778	**KS-18741**	**2+**	**2**	**3**	**2,3-**	-	+	-	-	-	-
65781	**KS-18763**	**2+3**	**3,1**	**3**	**1,3**	+	-	-	-	-	-
65787	**KS-18775**	**2**	**2**	**3-**	**3**	-	+	-	+	-	-
65788	**KS-18783**	**3-**	**3,1**	**3**	**3**	-	-	-	+	-	-
66479	**607/01**	**3**	**4**	**4**	**3+**	-	+	-		-	-
66482	**1295/05**	**4**	**4**	**4**	**3+**	-	-	-	+	-	-
66483	**1744/04**	**4**	**4**	**4**	**3,2+**	-	-	-	+	-	-
66484	**129/05**	**4**	**3,4**	**4**	**3**	-	+	-	-	-	-
66487	**1332/08**	**3+**	**2+,1-**	**4**	**4-**	-	-	-	+	-	-
66491	**779/91**	**3-**	**4**	**4**	**3-**	-	-	-	+	-	-
66492	**1387/96**	**4**	**2+**	**3**	**3-**	-	-	-	+	-	-
66495	**1558/98**	**3-**	**3+**	**3,3-**	**4**	-	-	-	+	-	-
65675	**Настя**	**0;1-**	**1-**	**2-**	**0**	-	-	-	-	-	-
65761	**KS-18474**	**1--**	**1**	**1**	**0;1--**	+	-	-	-	-	-
65769	**KS-18683**	**1**	**1**	**1**	**1**	+	+	-	-	-	-
65773	**KS-18709**	**1**	**1**	**2**	**1**	+	-	-	-	-	-

Все результаты работы по оценке устойчивости и идентификации генов представлены в сводной таблице (табл. 1).

Выводы. В ходе исследования проведена оценка устойчивости к стеблевой ржавчине и молекулярная идентификация ряда *Sr* генов в 14 сортов и 57 селекционных линий озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР. Так, среди исследуемых сортов и линий выявлены перспективные образцы: сорт Настя и линии KS-18474, KS-18683 и KS-18709 оказались устойчивы ко всем взятым на анализ популяциям и изолятам гриба *Puccinia graminis f. sp. tritici.*

Также, в результате анализа выявлены важные для селекции линии, с идентифицированными генами устойчивости. Ген *Sr31*, эффективный против российских популяций патогена, был выявлен в следующих линиях: KS-18474, KS-18683, KS-18709, KS-18763; ген *Sr 57/Lr34* - KS-18474, KS-18709, KS-18740, KS-18741, KS-18775, 607/01, 129/05; ген *Sr 28* – KS-18474, KS-18783, KS-18775, 1295/05, 1332/08, 779/91, 1387/96, 1558/98, 1744/04. Гены Sr57 и Sr28 эффективны против расы Ug99 и ее биотипов.

Наиболее значимыми для селекции являются линии с сочетанием генов устойчивости. Такие образцы также были выявлены среди исследуемых вариантов: KS-18474 (*Sr31+Sr57/Lr34 +Sr28*), KS-18709 (*Sr31 + Sr57/Lr34*).

ЛИТЕРАТУРА

1. Анпилогова Л.К., Волкова Г.В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе). – Краснодар, 2000. – 28 с.

2. Созина И.Д., Соляникова В.В., Баранова О.А., Митрофанова О.П. Оценка устойчивости к стеблевой ржавчине и идентификация Sr генов в образцах мягкой пшеницы из коллекции ВИР // Актуальная биотехнология 2019. № 3(30). – С. 87–89.

3. Лапочкина И.Ф., Баранова О.А., Шаманин В.П., Волкова Г.В., Гайнуллин Н.Р., Анисимова А.В., Галингер Д.Н., Лазарева Е.Н., Гладкова Е.В., Ваганова О.Ф. Создание исходного материала яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici*), в том числе и к расе Ug99, в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016; 20(3). – С. 320–328.

4. Баранова О.А., Михайлова Л.А., Коваленко Н.М., Хакимова А.Г., Пюккенен В.П., Митрофанова О.П. Устойчивость образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции генетических ресурсов растений вир к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis f. sp.tritici*): Каталог. – Санкт-Петербург, 2018. – 111 с.

5. McIntosh R.A., Yamazaki Y., Dubcovsky J. et al. Catalogue of gene symbols // Wheat genetic resources database KOMUGI, 2010.

6. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Research. – 1980. – Vol. 8. – P. 4321–4325.

7. MASWheat site: maintained by Marcelo A. Soria. [Электронный ресурс]. Дата обновления: 12.04.2019. URL: http://maswheat.ucdavis.edu/Index.htm (Дата обращения: 25.11.2019).

8. Соляникова В.В., Созина И.Д. Идентификация гена Sr31 в сортах пшеницы, устойчивых к стеблевой ржавчине / Сборник статей IX Международного научно-исследовательского конкурса Достижения вузовской науки 2019. В 2 ч. Ч. 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – 224 с. – С. 81–84.

9. Jin Y., Singh R.P., Ward R.W. Wanyera R., Kinyua M., Njau P., Fetch T., Pretorius Z.A., Yahyaoui A. Characterization of seedling infection types and adult plant infection responses of monogenic Sr gene lines to race TTKS of Puccinia graminis f. sp. Tritici // Plant Disease. 2007. – С. 1096–1099.

10.Stakman E.C., Stewart D.M., Loegering W.Q. Identification of physiologic races of Puccinia graminis var. tritici. United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service. 1962. E-617 (rev).

УДК 641.1+641.56

А.А. Смоленцева, Р.А. Бежанова, С.В. Несмелова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИПОАЛЛЕРГЕННЫХ РУБЛЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСА ИНДЕЙКИ, СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПО АМИНОКИСЛОТНОМУ И МИНЕРАЛЬНОМУ

В настоящее время большое внимание уделяется разработке гипоаллергенной продукции для детского питания. По данным ВОЗ от 3 % до 6 % детей и подростков страдают пищевой аллергией [1]. Наиболее частой причиной развития пищевой аллергии у детей является непереносимость белков коровьего молока. Нередко она сочетается с сенсибилизацией к другим продуктам: говядине, крупам, овощам и фруктам. По степени аллергизирующей активности выделяют три группы пищевых продуктов: высокая – коровье молоко, рыба, яйцо, куриное мясо, говядина, телятина, пшеница, рожь; средняя – кукуруза, картофель, горох, свинина, индейка, кролик; низкая – конина, баранина [2].

Одним из принципов создания гипоаллергенных продуктов, является замена сырья с высокой степенью аллергенности на гипоаллергенное. Такой подход используется при разработке молочных смесей и мясных продуктов для детей первых лет жизни. Организация питания детей с аллергией старше трех лет в образовательных учреждениях не предусматривает индивидуализации рациона и заключается чаще всего в исключении аллергенных блюд из приема пищи. Это приводит к снижению пищевой и биологической ценности рациона, недостатку важных для детского организма минеральных веществ и витаминов [3]. Так, исключаемые продукты обеспечивают 77 % суточной потребности ребенка в белках, 68 % в жирах, 9 % в углеводах, 73 % в кальции, 64 % в магнии, 93 % в фосфоре. Гипоаллергенные продуктовые наборы для организации питания детей в образовательных учреждениях включают мясо индейки, кролика, свинины, гречневую и рисовую крупы, овощи с белой и зеленой окраской [4]. В действующей нормативной документации ассортимент кулинарной продукции из рубленого мяса индейки представлен котлетами, биточками, кнелями, суфле. Традиционные рубленые изделия готовят с добавлением пшеничного хлеба, молока и куриных яиц [5]. Заменить эти аллергенные продукты можно безглютеновыми крупами или мукой. В связи с этим разработка кулинарной продукции со сбалансированным пищевым составом из гипоаллергенного сырья является актуальной задачей.

Целью данного исследования является проектирование рецептур гипоаллергенных кулинарных изделий из мяса индейки, сбалансированных по аминокислотному и минеральному составу. Для этого необходимо решить следующие задачи: определить выход мяса без кожи при разделке голени индейки; оптимизировать аминокислотный и минеральный состав рецептур изделий из мяса индейки, круп и сушеных овощей; исследовать влияние рецептурного состава на сохранность пищевых веществ при тепловой обработке изделий; провести органолептическую оценку изделий.

Объектами исследования являются:

- голень индейки, полуфабрикат промышленного производства;
- рисовая и гречневая мука; сушеная зелень петрушки и укропа;
- кнели из мяса индейки с рисом, приготовленные по рец. № 742 Сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания (контрольный образец);
- кнели из индейки с заменой 6 % мышечной ткани на кожу индейки (образец 1);
- кнели из индейки с заменой рисовой крупы на рисовую муку в количестве 10, 20, 30 % к массе мяса (образцы 2, 3, 4);

- кнели из индейки с добавкой смеси сушеной зелени петрушки и укропа в количестве 1, 5 и 7,5 % к массе мяса (образцы 5, 6, 7).

Методы исследования: выход составных частей голени индейки определяли взвешиванием на весах неавтоматического действия по ГОСТ 53228; потери массы при тепловой обработке – по ГОСТ 31988, органолептическую оценку качества изделий – по ГОСТ 31986; оптимизацию рецептур проводили расчетно-графическим методом [6].

Результаты обсуждения. Для приготовления кнелей в качестве основного сырья была выбрана голень индейки. Эта часть тушки индейки отличается повышенным содержанием коллагена, который участвует в формировании качества рубленых изделий. В табл. 1 представлен выход составных частей голени индейки.

Таблица 1. Выход составных частей голени индейки

№ образца	Масса голени		Масса мяса без кожи		Масса кожи		Масса костей		Потери	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
1	600	100	422	70,33	34	5,66	138	23,00	6	1,00
2	608	100	428	70,39	38	6,25	136	22,37	6	0,99
3	468	100	312	66,67	14	2,99	138	29,49	4	0,85
4	470	100	308	65,53	14	2,97	144	31,49	4	0,85
Среднее				68,23		4,47		26,59		0,92

Таблица 2. Пищевая ценность сырья для изделий из мяса индейки (на 100 г продукта)

Наименование показателя	Красное мясо индейки	Индейка 1 категории с кожей	Рисовая мука	Гречневая мука	Петрушка (зелень)	Укроп (зелень)
Сухие вещества, г	25,6	42,7	91,0	91,0	15,0	13,5
Белок, г	12,2	19,5	7,4	13,6	3,7	2,5
Жир, г	12,2	22,0	0,6	1,2	0,4	0,5
Углеводы, г	–	–	82,4	74,7	9,5	7,6
Соотношение Б:Ж:У	1:1:0	1:1,1:0	1:0,1:11	1:0,1:5,5	1:0,1:2,6	1:0,2:3
Кальций, мг	12	12	20	42	245	223
Магний, мг	53	19	30	48	85	70
Фосфор, мг	898	200	119	250	95	93
Соотношение Ca**:**Mg**:**P	1:4,4:74,8	1:1,6:16,7	1:1,5:6	1:1,1:6	1:0,4:0,4	1:0,3:0,4

Производственная проработка показала, что из килограмма голени выходит в среднем 680 г мяса без кожи. Оптовая стоимость голени индейки варьируется от 120 до 150 рублей за килограмм, а мяса без кожи с учетом установленного выхода от 180 до 220 руб./кг, тогда как филе грудки индейки стоит от 250 руб./кг и выше. Учитывая ограниченность финансовых ресурсов детских садов и школ, использование голени индейки для приготовления продукции является более целесообразным. В табл. 2 приведена пищевая ценность мышечной ткани голени индейки [7], а также остальных ингредиентов входящих в рецептуру кнелей [8].

Анализ пищевой ценности сырья показал, что мясо индейки является хорошим источником белка и жира, крупяная мука – белка и углеводов. Комбинирование этих ингредиентов позволяет получить изделия, сбалансированные по основным пищевым веществам (Б:Ж:У=1:1:4). Включение в рецептуру кожи индейки увеличивает содержание жира, а добавление зелени петрушки и укропа обогащает изделие кальцием и приближает соотношение Ca:Mg:P к формуле сбалансированного питания 1:0,25:1,5.

Оптимизацию аминокислотного состава проводили расчетным методом. В качестве критериев оптимизации применяли: аминокислотный скор, который должен стремиться к 100 %; неутилизируемую часть белка (ΔБ, мг), которая должна стремиться к минимальному значению. Для расчёта использовали данные по содержанию аминокислот из доступных источников [7, 9, 10] (табл. 3).

Таблица 3. Показатели биологической ценности белка мяса индейки и крупяной муки

Наименование показателя	Красное мясо индейки без кожи [7]		Индейка 1 категории с кожей [9]		Рисовая мука [10]		Гречневая мука [10]	
	мг на 100 г	скор, %	мг на 100 г	скор, %	мг на 100 г	скор, %	мг на 100 г	скор, %
Валин	894	147	930	95	466	134	559	89
Изолейцин	935	192	963	123	354	128	462	91
Лейцин	1491	175	1587	116	660	136	688	**79**
Лизин	1600	239	1636	152	259	**69**	624	97
Метионин+цистин	136+151	**67**	497+121	**91**	140+129	110	288+351	147
Треонин	1009	207	875	113	248	86	452	91
Триптофан	–	–	329	169	100	152	175	141
Фенилаланин +тирозин	817+617	196	803+616	121	366+294	151	563+402	123
Неутилизируемая часть белка (ΔБ), мг	413,7		102,6		194,2		82,7	
Коэффициент утилизации белка (КУБ),%	53,6		84,7		64,6		69,7	

Расчет показателей биологической ценности (табл. 3) показал, что белок мяса индейки лимитирован по серосодержащим аминокислотам. Наименьший скор имеет белок мышечной ткани окорочков (красное мясо), лучшей сбалансированностью отличается мясо индейки с кожей. Об этом свидетельствует наименьшее значение неутилизируемой части белка (ΔБ=102,6 мг) и наибольшее значение коэффициента утилизации белка (КУБ=84,7%). Высокое содержание лизина во всех образцах создает предпосылки для комбинирования мяса индейки с растительными белками крупяных культур. Аминокислотный состав гречневой муки характеризуется лучшей сбалансированностью по сравнению с рисовой. Лимитирующей аминокислотой в рисовой муке является лизин, а в гречневой – лейцин. В свою очередь, наблюдается избыточное содержание метионина в сумме с цистином, что позволяет восполнить недостаток этих аминокислот при комбинировании круп с мясом индейки.

Динамика изменения показателей биологической ценности белка в смеси «индейка с кожей + рисовая крупа» представлена на рис. 1. Графики зависимости основных критериев оптимизации имеют точки перелома при содержании 50 % индейки в рецептуре, при этом скор лимитирующей аминокислоты достигает 100 %, а неутилизируемая часть белка снижается до 70 мг. Коэффициенты усвоения и утилизации белка возрастают с увеличением доли индейки в смеси. Анализ графика позволяет сделать вывод, что комбинирование рисовой муки с мясом индейки повышает биологическую ценность конечной продукции, если доля риса не превышает 50 %.

В качестве критерия оптимизации минерального состава применяли соотношение Ca**:**Mg**:**P, которое для детей составляет 1:0,25:1,5. Критерий рассчитывали по формуле

$$\left|\frac{P}{Ca} - 1{,}5\right| + \left|\frac{Ca}{Mg} - 4\right| + \left|\frac{P}{Mg} - 6\right| \rightarrow min.$$

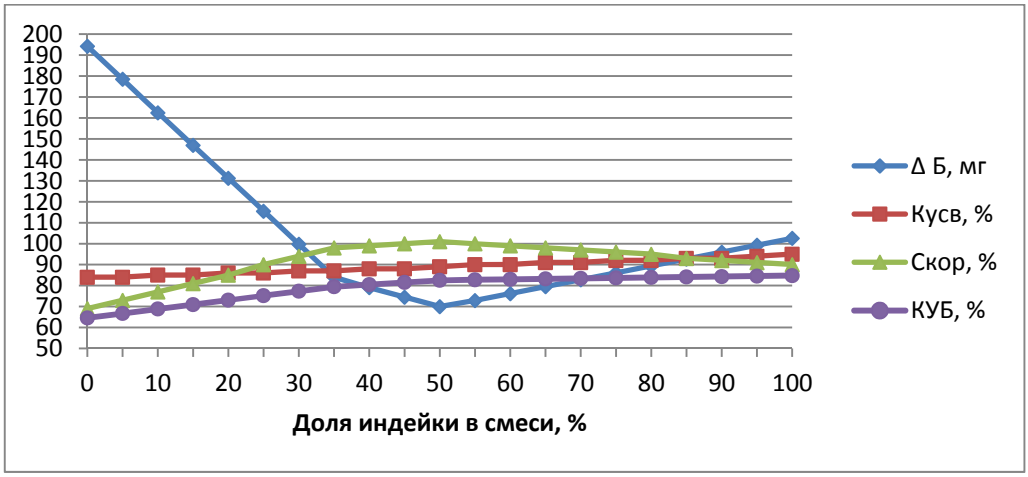


Рис. 1. График зависимости показателей биологической ценности белка смеси «индейка с кожей + рисовая крупа» от соотношения компонентов

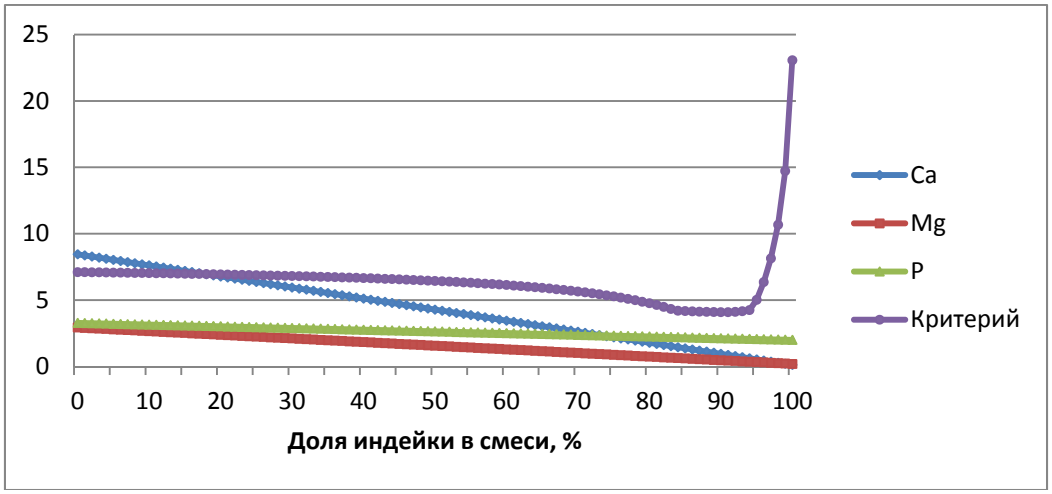


Рис. 2. График зависимости содержания минеральных веществ и критерия оптимизации в смеси «индейка с кожей + сушеная зелень петрушки» от соотношения компонентов

Таблица 4. Характеристика готовых изделий из мяса индейки

Образец	Состав образца	Сохранность массы, %	Потери массы, %	Органолептическая оценка, баллы
контроль	Мясо голени индейки, рисовая крупа (р.742 Сб.рец.)	77,8	22,2	4,7
1	Мясо голени индейки с кожей, рисовая крупа	87,5	12,5	4,8
2	Мясо голени индейки, рисовая мука 10 % к массе мяса индейки	90,6	9,4	4,9
3	Мясо голени индейки, рисовая мука 20 % к массе мяса индейки	95,1	4,9	4,6
4	Мясо голени индейки, рисовая мука 30 % к массе мяса индейки	100	0	4,2
5	Мясо голени индейки, рисовая мука 10 %, сушеная зелень петрушки и укропа 1 % к массе мяса	94,7	5,3	4,4
6	Мясо голени индейки, рисовая мука 10 %, сушеная зелень петрушки и укропа 5 % к массе мяса	96,7	3,3	3,7
7	Мясо голени индейки, рисовая мука 10 %, сушеная зелень петрушки и укропа 7,5 % к массе мяса	96,8	3,2	3,3

График изменения содержания минеральных веществ в смеси «индейка с кожей + сушеная зелень петрушки» представлен на рис. 2. Критерий оптимизации принимает минимальные значения при содержании в смеси от 5 до 15 % сушеной зелени петрушки.

Технологические свойства ингредиентов рецептуры оценивали по потерям массы изделий при тепловой обработке и органолептическим показателям качества готовых изделий. Результаты исследований представлены в табл. 4. Наибольшими потерями массы характеризуется контрольный образец. Включение в рецептуру кожи, рисовой муки и сушеной зелени снижают потери массы. Влага, выделяемая белками мышечной ткани индейки в процессе тепловой обработки, связывается крахмалом муки, или коллагеном кожи, или клетчаткой сушеной зелени. Органолептическая оценка показала, что добавление в изделие более 10 % рисовой муки и 1 % сушеной зелени приводит к снижению качества изделий, поэтому для оптимизации минерального состава изделий необходимо использовать другие гипоаллергенные источники кальция.

Заключение. Гипоаллергенные свойства готовой продукции определяются использованием сырья с низкой степенью аллергенности. Установленные различия в аминокислотном и минеральном составе сырья позволяют проектировать кулинарную продукцию повышенной пищевой и биологической ценности. Включение в рецептуру рисовой муки и сушеной зелени снижают потери массы изделий при тепловой обработке в 2–4 раза. По результатам органолептической оценки рекомендовано следующее соотношение ингредиентов в рецептуре рубленых изделий: мясо индейки 90 %, крупяная мука – 10 %, сушеная зелень – 1 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sampson, H.A. Food allergy. Part 1: Immuno pathogenesis and clinical disorders. J Allergy Clin Immunol. 1999; 103: 717–728.

2. Жаринов, А.И. Структурно-параметрическая модель гипоаллергенного продукта питания с оценкой адекватности / А.И. Жаринов, Ю.И. Куликов, М.А. Никитина, М.Ю. Попова, Ю.В. Железная // Вестник Северо-Кавказского гос. техн. ун-та. – 2006. - № 5(9). – С. 55–60.

3. Куткина, М.Н. Организация питания детей и подростков: Учебное пособие / М.Н. Куткина, Е.П. Линич, Н.В. Барсукова, А.А. Смоленцева. – СПб.: Изд-во «Лань», 2017. – 320 с.

4. Смоленцева, А.А., Попова, В.Ю. Оценка пищевой ценности продуктового набора для детей и подростков с аллергией на белок коровьего молока / В сборнике: Здоровьесберегающие технологии в ВУЗе: состояние и перспективы. Под общей редакцией Ю.Н. Зубцова, 2018. – С. 73–79.

5. Сборник методических рекомендаций по организации питания детей и подростков в учреждениях образования Санкт-Петербурга. – СПб.: Речь, 2008. – 800 с.

6. Иринина, О.И., Смоленцева, А.А. Оптимизация биологической ценности комбинированных рыборастительных кулинарных изделий // Пищевая промышленность. – 2009. – № 10. – С. 66–67.

7. Гасилина, В.А., Тарарина, Л.И. Изучение показателей химического состава белого и красного мяса индеек в промышленных условиях Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 9. – С. 143–147.

8. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Ин-т питания РАМН; Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 235 с.

9. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

10.Смоленцева, А.А. Полуфабрикаты из круп для диетического питания: дис. канд. техн. наук. – Л., 1989. – 260 с.

УДК 637.144.5

М.А. Анцыперова, Т.П. Арсеньева
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЗИМАТИЧЕСКОГО КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Молоко и молочные продукты являются необходимой составляющей ежедневного рациона питания человека. Однако у 65% населения Земли, в том числе 16–30% россиян, диагностирована непереносимость молочного сахара – лактозы [1]. Непереносимость лактозы, или гиполактазия, – патологическое состояние, вызванное снижением в организме уровня фермента лактазы, необходимого для усвоения лактозы. При этом лактоза является основным сахаром, содержащимся в молоке и молочных продуктах.

Основные проблемы, возникающие при употреблении лактозы в составе молочных продуктов, связаны с недостаточностью фермента лактазы в организме человека. В случае недостаточности лактазы, вызванной ее низкой активностью или малым количеством, выделяемым стенкой кишечника, становится невозможным гидролиз лактозы и, соответственно, прекращается ее всасывание. В результате возникают две проблемы. Во-первых, вследствие высокой осмотической активности лактоза, как и все углеводы, способствует задержке воды в просвете кишечника. Во-вторых, что более существенно, неусвоенная лактоза становится питательным субстратом для гнилостной микрофлоры тонкого кишечника с выделением различных метаболитов, приводящих к отравлению организма. При этом появление внешних симптомов непереносимости лактозы – уже вторичная реакция на продукты брожения, а именно, жирные кислоты быстрого распада, водород, молочная кислота, метан, угольный ангидрид. В итоге развивается пищевая непереносимость, т. е. аллергия на лактозу [2].

Лактазная недостаточность, обуславливающая непереносимость молока, в большей степени характерна для большинства людей старшего возраста. Это нормальный ответ организма, связанный со снижением употребления молока в пищу. Однако, та же проблема может наблюдаться и у детей. В этом случае, особенно у новорожденных, она обусловлена генетически. Многие люди, страдающие непереносимостью лактозы, стараются избегать в своем рационе молока и молочных продуктов, с целью уменьшения неприятных симптомов. Однако, отсутствие в традиционном меню молока и молочных продуктов приводит к нарушению структуры питания [3]. Ограниченность рациона лишает организм многих легкоусвояемых питательных веществ, которыми богаты молочные продукты.

По количеству веществ, полезных для организма человека, молоко не имеет аналогов. Коровье молоко содержит около 250 химических компонентов – 20 аминокислот, более 25 жирных кислот, 30 минеральных солей и 20 различных витаминов, – в сбалансированном соотношении и легкоусвояемых формах. Один стакан молока в день восполняет суточную потребность организма в необходимых питательных веществах [4]. Молоко богато витаминами B_2, B_3, B_{12}, H, кальцием, калием, фосфором, йодом, молибденом, кобальтом. Аминокислоты, ферменты, фосфолипиды молока участвуют в работе головного мозга, сердца, почек, печени, нервной и пищеварительной систем человека [5].

Цель работы состоит в исследовании различных видов ферментных препаратов, используемых для получения низколактозных молочных продуктов.

Для реализации указанной цели поставлены следующие задачи:

- обзор рынка и группы потребителей;
- выбор и коррекция технологии;
- адаптация метода исследования;

– выработка экспериментальных образцов;
– определение содержания лактозы в образцах;
– сравнение эффективности препаратов для гидролиза лактозы в молочных продуктах.

Для решения проблемы непереносимости лактозы при употреблении молока, современные технологии обработки молока предусматривают ряд методов, позволяющих снизить содержание лактозы или полностью удалить ее из молока и молочных продуктов. К ним относят традиционный способ, мембранную фильтрацию и ферментативное расщепление лактозы.

Традиционный способ заключается в удалении лактозы из молока молочнокислым брожением. Данный способ не пригоден для изготовления низколактозного молока, так как получаемый продукт относится к группе кисломолочных продуктов. Технология мембранной фильтрации предусматривает ультрафильтрацию молока, обеспечивающую удаление части лактозы, с последующим ферментативным расщеплением остаточного количества лактозы в ультрафильтрате при добавлении лактазы. В промышленных масштабах лактазу, необходимую для ферментативного гидролиза лактозы, получают искусственно из грибов *Aspergillus niger* и *Aspergillus oryzae* или экстрагируют из дрожжей *Kluyveromyces fragilis* и *Kluyveromyces lactis*. Для направленного ферментативного гидролиза необходимо обращать внимание на оптимальные значения pH и температуры, а также наличие активаторов и ингибиторов для данного вида β-галактозидазы (табл. 1). Целесообразность применения данного способа обусловлена простотой процесса и отсутствием затрат на дорогостоящее оборудование.

Таблица 1. Характеристика продуктов β-галактозидазы

Продукты β-галактозидазы	Оптимум pH	pH-диапазон стабильности	Температурный оптимум, °C	Активаторы
Aspergillus niger	3,0–4,0	2,5–8,0	55–60	–
Aspergillus oryzae	4,5	3,5–8,0	50–60	–
Kluyveromyces lactis	6,9–7,3	6,0–7,0	35	Mn, K
Kluyveromyces fragilis	6,6	5,8–7,5	37	Mn, K

Согласно ТР ТС 033, низколактозные молочные продукты являются продуктами переработки молока, в которых лактоза частично гидролизована или удалена [6]. Цель работы состояла в исследовании различных видов ферментных препаратов, используемых для получения низколактозного молока.

К современным методам определения массовой доли лактозы в молоке относят йодометрический, криоскопический и спектрофотометрический методы. В ходе исследования проведено экспериментальное определение массовой доли лактозы энзиматическим колориметрическим методом, в образцах после ферментативной обработки препаратами:

1. Лактазис 6500K (производитель *Kaprina*) – это жидкий энзим лактазы, полученный ферментацией дрожжей *Kluvermyces lactis*. Препарат используют в промышленных условиях, он обладает активностью 6500 единиц [7].
2. *LactaseBaby* (производитель *National Enzyme Company*) содержит лиофилизированную лактазу, полученную в результате ферментации *Aspergillus oryzae.* Фермент обладает активностью 700 единиц, используется как биологически активная добавка в пище, выпускается в форме капсул [8].
3. *Lacta-Free* (производитель *BIOHEM s.r.l.*) – это лиофилизированный энзим *β*-галактозидазы микробиального происхождения, полученный в результате ферментации *Aspergillus oryzae*. Препарат выпускается в пакетах по 2 г, предназначенных для получения 1-3 л низколактозного молока в домашних условиях [9].

Опытные образцы, ферментированные вышеперечисленными препаратами в рекомендуемых производителями дозировках (табл. 2), вырабатывали в условиях лаборатории факультета пищевых биотехнологий и инженерии Санкт-Петербургского национального исследовательского Университета ИТМО.

Таблица 2. Опытные образцы

№ образца	Вносимый препарат	Дозировка препарата
1	Лактазис 6500K (*Kaprina*)	0,10 %
2	*Lactase Baby* (*National Enzyme Company*)	0,65 %
3	*Lacta-Free* (*Laktoferm ECO*)	0,70 %

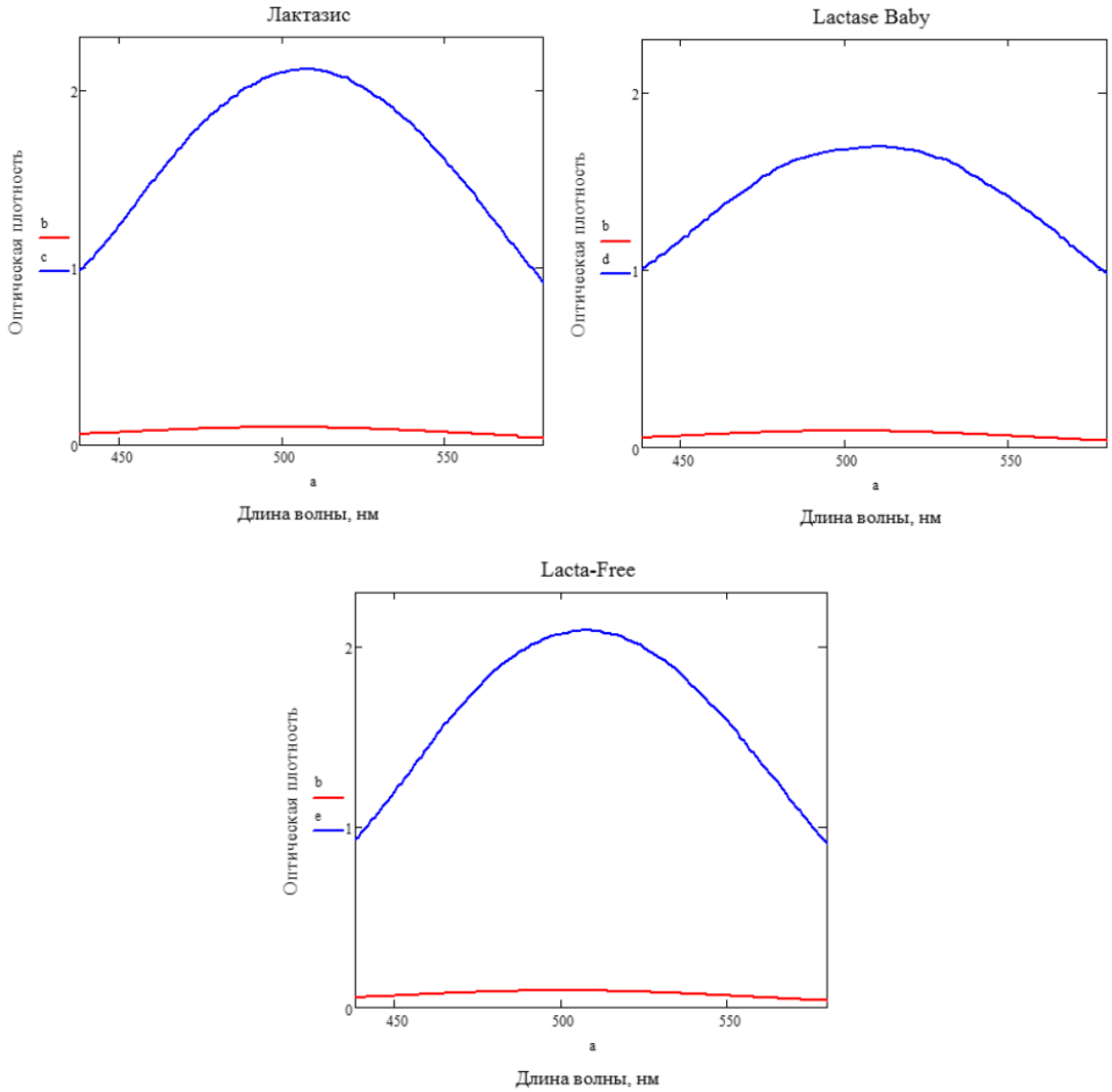


Рис. 1. Изменение оптической плотности при ферментации различными препаратами. Условные обозначения: a – длина волны; b – исходный образец; c – образец, ферментированный препаратом Лактазис; d – образец, ферментированный препаратом *Lactase Baby*; e – образец, ферментированный препаратом *Lacta-Free*

Для определения остаточного количества лактозы в ферментированном молоке адаптирован способ определения концентрации глюкозы в цельной крови энзиматическим колориметрическим методом [10]. Определение проведено с помощью спектрофотометра

Shimadzu UV-1800. Адаптация метода предусматривает некоторые отличия: проведение предварительного осаждения белков молока термокислотным способом, подбор приемлемого состава реакционной смеси и создание плана вычислений.

Принцип метода: β-D-глюкоза под действием фермента глюкозооксидазы окисляется до D-глюконолактона. Образующаяся в данной реакции перекись водорода при участии фермента пероксидазы способствует окислительному азосочетанию 4-аминоантипирина и фенола с образованием окрашенного соединения (хинониминовый краситель). Интенсивность окраски реакционной среды пропорциональна содержанию глюкозы в исследуемом материале и определяется фотометрически. Содержание глюкозы эквивалентно содержанию прореагировавшей лактозы.

Исследованию подлежали три образца безбелковой сыворотки, полученные способом термокислотной коагуляции соответствующих образцов, ферментированных различными препаратами (табл. 2), а также образец сыворотки из смеси, не подвергнутой ферментации.

В ходе исследования получена зависимость оптической плотности сыворотки от длины волны. Различия в данной зависимости для образцов, ферментированных препаратами, и образца, не подвергавшегося ферментации, представлены на рис. 1.

Полученные данные позволяют рассчитать количество лактозы, прореагировавшей в процессе гидролиза. Сравнение содержания лактозы в молочных продуктах с возможностью гидролиза препаратами в рекомендуемых дозировках представлены в виде диаграммы на рис. 2.

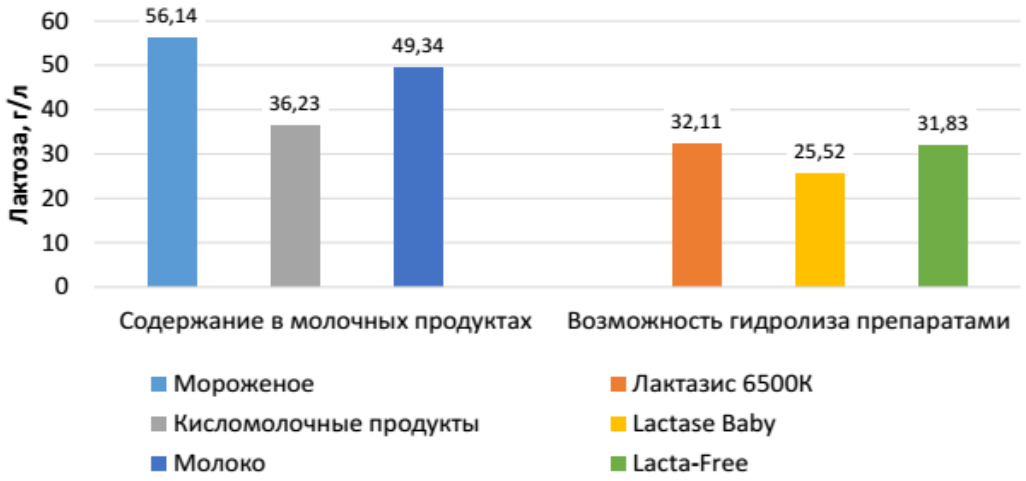


Рис. 2. Диаграмма сравнения

С помощью препаратов, вносимых в молочные продукты в рекомендованных производителями дозировках, представляется возможным гидролиз лактозы в количестве от 25,52 г/л (*Lactase Baby*) до 32,11 г/л (Лактазис 6500К). При этом степень гидролиза находится в пределах от 45,45 % (*Lactase Baby* при изготовлении мороженого) до 88,65 % (при добавлении в молоко препарата Лактазис 6500К). Степень гидролиза можно корректировать, изменяя рекомендованные производителями дозировки в зависимости от исходного содержания лактозы в продукте.

Экспериментальное исследование позволяет сделать выводы об эффективности применения препаратов для гидролиза лактозы, а также рассчитать дозы внесения препаратов в молочные продукты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новости и аналитика молочного рынка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: milknews.ru/index/novosti-moloko_3168.html.

2. Центр здорового питания [Электронный ресурс]. – [2017]. – Режим доступа: eat-info.ru/references/calories/laktoza-molochnyy-sakhar.

3. Management and treatment of lactose malabsorption / M. Montalto, V. Curigliano, L. Santoro, M. Vastola, G. Cammarota, R. Manna, A. Gasbarrini, G. Gasbarrini // World journal of gastroenterology. – 2006. – V. 12(2). – P. 187–191.

4. Фесенко А. О пользе молока // Переработка молока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.milkbranch.ru/publ/view/40.html.

5. Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов: Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлеменов, органических кислот и углеводов. – 2-е изд., перераб и доп. – Москва: ВО «Агропромиздат», 1987. – 360 с.

6. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

7. Лактазис 6500К. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://new.kaprina.com/product/лактазис-6500k.

8. Лактаза бэби. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.preparatum.ru/laktaza-bebi.html.

9. Фермент Lacta-free. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://lactofermeco.ru/zakvaska-lacta-free.

10. Trinder, P. (1969). Analysis of Glucose. – Ann. Clin. Biochem. – V. 6. P. 24.

ВОЕННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

УДК 6.60.608.4

Д.А. Вабищевич, М.Э. Поспелов, Д.В. Федин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА АНТЕННЫ НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА SIW СТРУКТУРЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ

Идея возможности электронного управления лучом антенны была высказана в 20–30-х годах. Фазированные антенные решетки (ФАР) способны обеспечить высокую разрешающую способность, одновременное излучение и приём для нескольких направлений формирование ДН специальной формы и адаптацию к условиям работы [1, 2].

ФАР входят в подавляющее большинства РЛС. Так, ФАР входит в состав РЛС ближней разведки СБР-3, в самолете МиГ-21, ФАР щелевого типа используется в РЛС 92Н6Е и т.д. Поэтому усовершенствование ФАР является необходимым для поддержания конкурентоспособности РЛС военного назначения.

Щелевая антенна на основе SIW структуры (SIW – Substrate Integrated Waveguide – волновод, интегрированный в подложку) имеет существенные преимущества. Из-за отсутствия выступающих частей существует возможность совмещения поверхности излучения антенны с внешней поверхностью какого-либо летательного аппарата.

Целью работы является экспериментальным продолжением теоретического исследования возможности реализации модели элемента фазированной антенной решетки РЛС на основе диэлектрического волновода SIW-структуры, проводимого на кафедре Радиофизики [3–7].

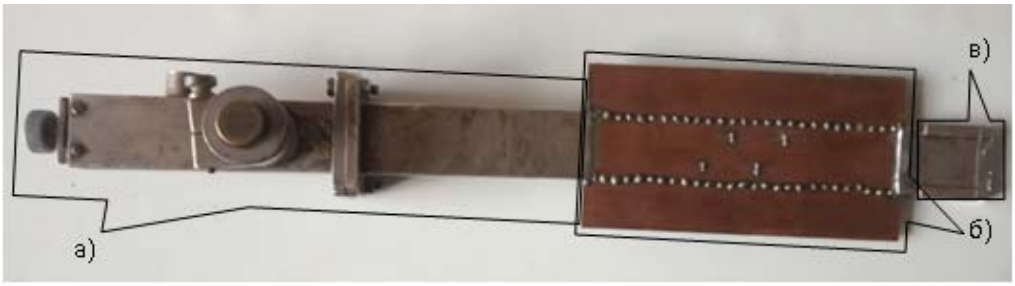


Рис. 1. Изготовленная конструкция: а) фидер; б) антенна; в) согласованная нагрузка

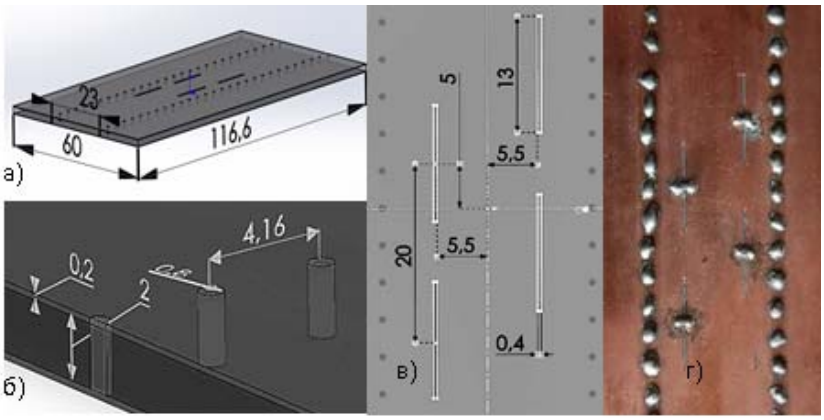


Рис. 2. Детали основной части конструкции: а) SIW структура; б) линейка штырей; в) щели в верхней стенке SIW-волновода (чертёж); г) щели в верхней стенке SIW-волновода (вид на опытном образце)

На данном этапе был изготовлен опытный образец антенны на базе SIW-структуры (рис. 1 б; рис. 2) с фидером (рис. 1, а) и поглотителем (рис. 1 в) на конце волноведущей структуры. SIW-волновод выполнен в виде фольгированного с двух сторон медью толщиной 0,2 мм тефлона (рис. 2 а, б). В фольге на верхней стенке SIW-волновода были прорезаны две группы щелей шириной 0,4 мм и длиной 13 мм в шахматном порядке (рис. 2. в, г). В фидер вставлен диэлектрик в виде конуса (рис. 3 а, б) из тефлона. На торце SIW-волновод нагружен на согласованную нагрузку (рис. 4 в), выполненную в виде поглотителя в форме конуса (рис. 4 а) и диэлектрической детали из тефлона (рис. 4 б), дополняющей поглотитель до сечения волновода SIW-структуры.

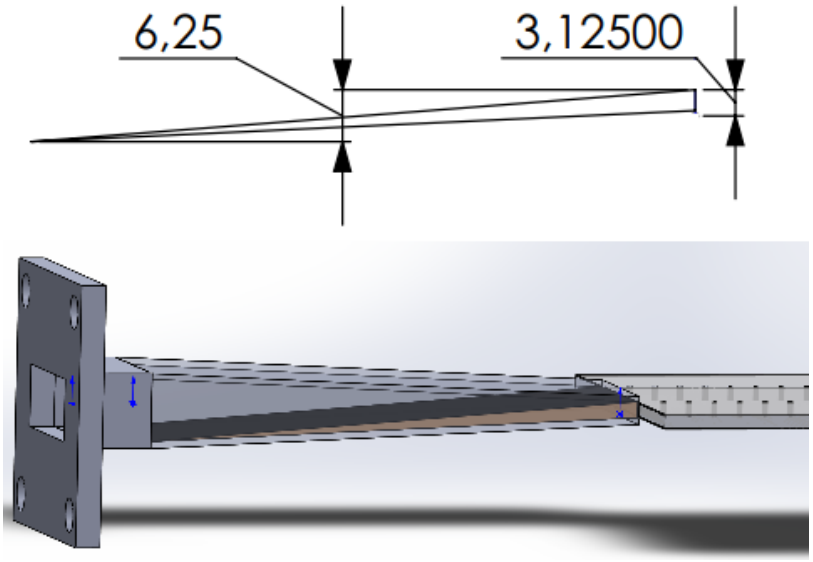


Рис. 3. диэлектрическая пластинка с фидером

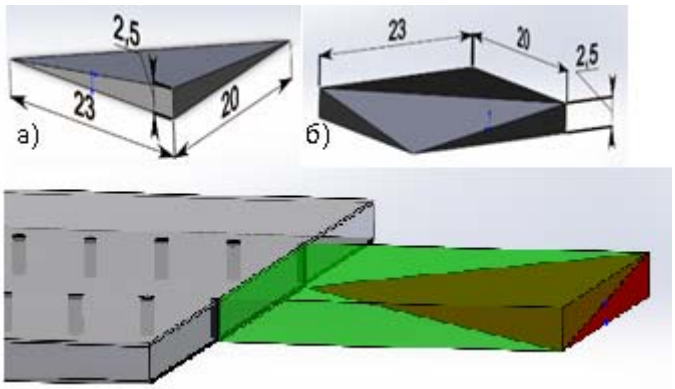


Рис. 4. а) поглотитель; б) диэлектрическое дополнение; в) согласованная нагрузка

В конструкции используется тефлон $\varepsilon = 2{,}2$. Параметры поглотителя (рис. 4 б): $\varepsilon = 5{,}5$; относительная магнитная проницаемость – 1,8; тангенс диэлектрических потерь – 0,13; тангенс магнитных потерь – 0,78.

На данном этапе проекта на базе измерительной лаборатории антенной техники СПБПУ были проведены три эксперимента:

1. с открытыми щелями;
2. с двумя крайними щелями, перекрытыми посередине металлическими полосками;
3. с щелями, на которые посередине напаяны резисторы номиналом 100 Ом и типоразмером 0603 (1,55 мм × 0,85 мм × 0,55 мм).

Резисторы моделируют предполагаемое эквивалентное сопротивление pin диода в закрытом состоянии.

В ходе эксперимента были измерены ДН в дальней зоне в горизонтальной плоскости YZ, $\varphi = 90°$ в режиме приёма (рис. 5 а (2), б (2), в (2)). Частота источника 10,44 ГГц. Проведен численный анализ модели, используя метод конечных элементов (рис. 5 а (1), б (1), в (1)).

Форма экспериментальных ДН направленности схожа с расчетными (рис. 5 а, б, в). На графиках видны ярко выраженные главные лепестки, углы максимумов излучения которых (θ_{max}) примерно совпадают для соответствующих экспериментальной и расчетной характеристик. Прослеживается увеличение ширины ДН при переходе от 4 щелей к двум (рис. 5 а, б), что согласуется с результатами теоретических исследований [6, 7]. Во всех трёх экспериментах (рис. 5 а(2), б(2), в(2)) различия между расчетной и экспериментальной ДН можно объяснить тем, что при моделировании не учитываются потери и отражения от окружающих предметов. В экспериментах №2, 3 (рис. 5 б (1), в (1)) в районе 55° видны небольшие по сравнению с главным лепестком ДН максимумы. Это может быть связанно с дополнительным приёмом излучения открытыми торцами SIW-структуры. Причем торцы принимают его только на конце SIW-структуры, так как в начале их закрывает фидер.

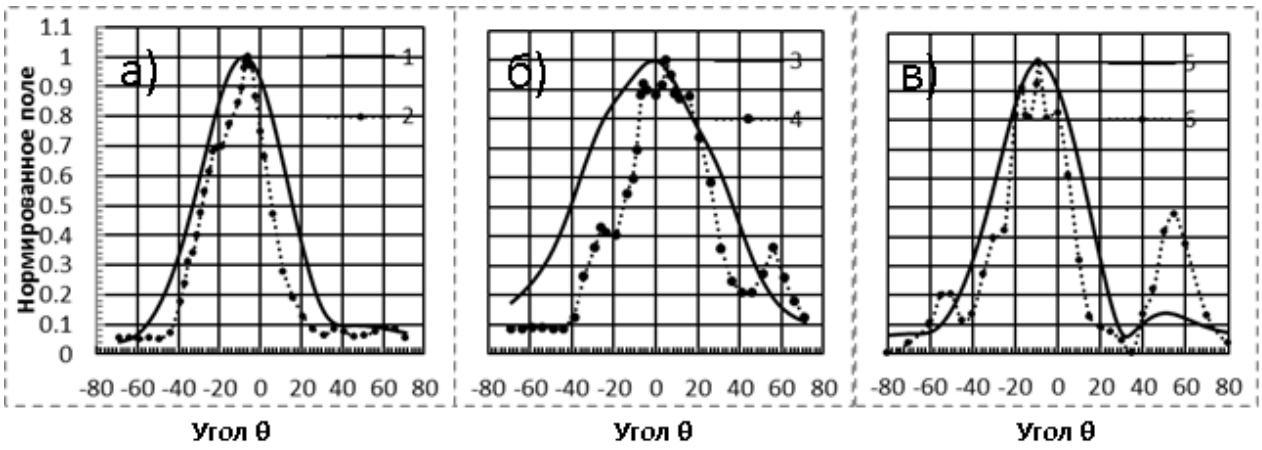


Рис. 5. ДН (1 – расчетная, 2 – экспериментальная): а) Щели открыты; б) Крайние щели закрыты; в) На щели по центру напаяны резисторы номиналом 100 Ом

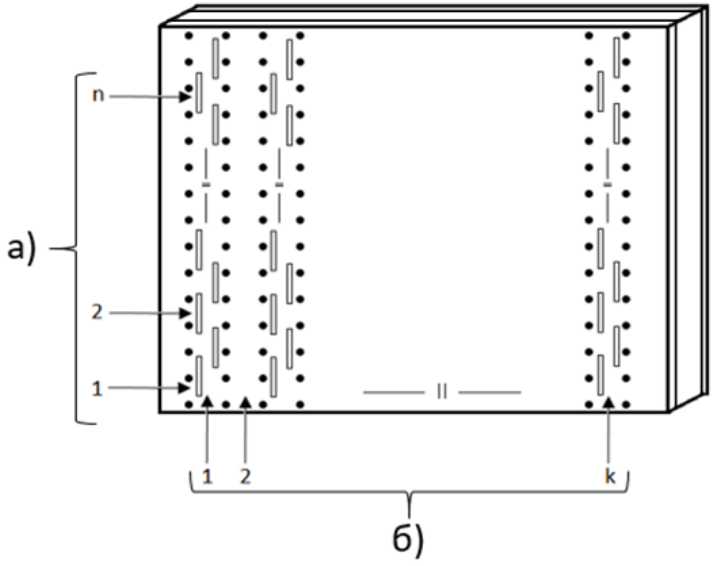


Рис. 6. Плоскость ФАР: а) n щелей б) k диэлектрических волноводов SIW-структуры

Исследуемую антенну планируется использовать в качестве элемента ФАР, которая будет представлять собой плоскость из тефлоновой пластины, фольгированной с двух сторон медью. В плоскости усанавливаются линейки штырей, которые образуют k рядов диэлектрических волноводов SIW-структуры (рис. 6 а). Между линейками в верхней стенке в фольге аналогично исследуемому элементу будут прорезаны по 2 ряда щелей, n штук в каждом.

Обычно положением главного максимума излучения системы элементов, образующих ФАР можно управлять изменяя расстояние между элементами, фазовые сдвиги и длину волны [8].

В нашем случае изменение расстояния между элементами и длтна щелей будут изменятся косвенно. А именно, изменением распределения мощности по щелям. Что будет осуществляться управлением сопротивлением pin-диодов, напаянных посередине щелей. Так обеспечивается управление направлением излучения продольно линейкам штырей.

На вход каждого волновода SIW-структуры с торца плоскости антенны устанавливается фазовращатель, k штук на все волноводы в сумме (рис. 6 б). Управлением фазы которых осуществляется качание луча в плоскости перпендикулярой линейкам штырей.

Выводы. Применение SIW конструкции также позволяет снизить массу антенны, что является преимуществом по сравнению с ФАР на основе сплошных металлических волноводов. Использование pin-диодов для управляемого перекрывания излучения щелей позволяет существенно снизить количество используемых фазовращателей. Это влечет за собой уменьшение общей стоимости и массы конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скобелев Сергей Петрович. Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности: диссертация кандидата физико-математических наук: 05.12.07 / Скобелев Сергей Петрович; [Место защиты: Открытое акционерное общество "Радиофизика"]. – Москва, 2014. – 349 с.

2. Кубанов В.П. Направленные свойства антенных решеток / В.П. Кубанов; Учебное пособие; Самара: ПГУТИ, 2011. С. 56.

3. Данильченко Е.В., Сочава А.А. / Щелевая Антенна На Основе Диэлектрического Волновода SIW Структуры // Научный форум с международным участием "Неделя науки СПбПУ. 2017 г., с. 119–122.

4. Киселева Е.В., Сочава А.А. / Волноводно-Щелевая Антенная Решетка Siw-структуры С Электрическим Управлением Луча // [Электронный ресурс]: магистерская работа: 16.04.01 / СПбПУ, ИФНиТ. – 2019. – URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/v17-6740.pdf. – (дата обращения: 28.09.2019).

5. Ekaterina Kiseleva, Aleksander Sochava, Andrew Cherepanov / Telecommunication Slot Antenna Based on a Low-Profile SIW Structur // 1 October 2018 by Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) in 2018 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech).

6. Соломаха Г.А., Сочава А.А. / Волноводно-щелевые решетки с электронным управлением лучом // Научный форум с международным участием "Неделя науки СПбПУ". 2014 г., с. 25–27.

7. Bouchra Rahali Substrate integrated waveguide power divider, circulator and coupler in [10–15] GHz band / Bouchra Rahali, Mohammed Feham, STIC Laboratory, University of Tlemcen, Tlemcen, Algeria, 2014.

8. Педак А.М. / Справочник по основам радиолокационной техники / Военное издательство Министерства обороны СССР 1967.

УДК 621.4

В.Э. Виколайнен, В.И. Богданов, В.С. Кобчиков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МЕТОД ТЕРМОМЕТРИРОВАНИЯ ПОРШНЯ ДВИГАТЕЛЯ

Уровень технического прогресса во многом определяется развитием энергетических установок, работа которых характеризуется в числе прочих параметров и рабочими температурами. На пути увеличения рабочих температур стоит ряд препятствий чисто материаловедческого характера, поскольку свойства материалов сильно ухудшаются при высоких температурах.

Это вызывает бурное развитие новых жаростойких материалов, создание различных схем охлаждения, совершенствования систем конструкций, и в тоже время во многих случаях рабочие температуры могут достигать предельно допустимого уровня температур. Поэтому достоверные данные о термическом режиме необходимы для проведения испытаний и выполнения конструкторских работ.

Трудности при выборе метода измерения вызваны высокими рабочими температурами, значительными градиентами температур, сложностями конструкций, миниатюризацией термометрируемых узлов, возможными нарушениями прочности элементов и их тепловых свойств, а также проблемой вывода информации о температуре. Значительно усложняется термометрирование при экспериментах на движущихся объектах, например, в двигателях внутреннего сгорания: поршневой комплект, клапаны и другие узлы кривошипно-шатунного механизма.

Методы измерения температур в труднодоступных местах можно разделить на контактные и бесконтактные. Контактными являются те, в которых существует непосредственная связь между датчиком и индикатором: термопары, термометры сопротивления, микротермопары, плёночные термопары сопротивления, плёночные термопары. Известные бесконтактные методы: плавкие металлические термометры, термокраски, термоплаги, криптонаты, измерителя максимальной температуры кристаллического (ИМТК). С их помощью может быть измерена только максимальная температура после окончания эксперимента, извлечения и исследования датчика. Этим бесконтактные методы неудобны для исследования переходных процессов, регулирования температуры и автоматизации эксперимента. Однако они незаменимы в случаях невозможности вывода токонесущих проводов. Основными факторами при выборе метода термометрирования являются: точность измерения, стабильность работы, чувствительность, инерционность, ширина диапазона измерений, прочность и долговечность, стоимость, включая затраты на эксплуатацию. Выбор способа термометрирования или их комбинация зависит от условий эксперимента и поставленной задачи.

Опыт использования измерителя максимальной температуры кристаллического (ИМТК) показал, что он наиболее целесообразен при измерении температуры в движущихся частях механизмов [1]. Малые габариты индикаторов, широкий интервал измеряемой температуры и высокая точность обеспечили ему широкое применение в технике, в том числе в двигателестроении, потеснив такие известные методы, как плавкие вставки, пирометры и термокраски. Контактные схемы токосъемов малонадежны и требуют текущего обслуживания, что невозможно для стенда с дистанционным обслуживанием. Кроме этого, ИМТК имеет огромное преимущество в сравнении с другими методами, обеспечивая высокий диапазон фиксации максимальных температур недоступных другим методам в конкретных точках конструкции.

В ИМТК рабочим веществом является облученный в ядерном реакторе мелкозернистый алмаз 14–20 мкм или карбид кремния кубической модификации. По

принципу действия ИМТК основан на отжиге вакансий в кристаллической решетки, образующихся при облучении электронами, протонами и др., что приводит к расширению решетки облученного кристалла. Нагревание облученного алмаза до температуры, превышающей температуру облучения, приводит к постепенному восстановлению размеров кристаллической решетки. Восстановление решетки происходит плавно, в широком диапазоне температур и времен отжига.

Расшифровка информации ИМТК основана на зависимости размеров кристаллической решетки облученного алмаза от температуры и времени отжига. Алмаз, предназначенный для использования в качестве рабочего вещества ИМТК, подвергается градуировке, т.е. отжигается при известных температурах в течение известного времени. После каждого отжига рентгенографическим методом определяются размеры кристаллографической решетки. На практике при определении температуры используется диаметр кольца рентгеновской линии, полученной на стандартной рентгеновской аппаратуре типа камеры Дебая-Шерера. Величина диаметра кольца однозначно связана с размерами кристаллографической ячейки.

Для индикаторов используется порошок естественного алмаза марки АМ-20, который перед облучением подвергается отжигу в вакууме 10^{-4} мм рт. ст. при температуре 800–900ºС для устранения дефектов. Температура облучения составляет 40–80ºС. Неравномерность потока и температуры в каждой кассете требуют градуировки для каждой отдельной партии алмазного порошка.

Стандартный ИМТК представляет собой заваренную с торцов капсулу из нержавеющей стали, внутри которой располагается смесь порошков алмазов: облученного – 1 мг и эталонного необлученного – 1 мг. Эталон служит для повышения точности измерения диаметра кольца рентгеновской линии. Возможности ИМТК определяются его техническими данными. Технические характеристики ИМТК на основе алмазного порошка:

Диапазон измеряемых величин 100–1100 ºС.

Диапазон времени выдержки 102–106 с.

Размеры ИМТК, используемого в эксперименте: диаметр – 1 мм, длина – 3–5 мм.

Стандартная погрешность измерения температур во всем диапазоне, если время выдержки известно с ошибкой + 10%:

Температурные режимы деталей двигателя далеки от стационарно установившихся. Более общим является переменный режим, когда ИМТК выдерживается при максимальной температуре лишь часть времени испытания. В этом случае выдержка при температуре, меньшей максимальной, дает дополнительный вклад в отжиг рабочего вещества ИМТК. Введение поправки на отжиг при этих температурах позволяет измерить максимальную температуру переменного режима [2].

Форсирование машины с целью получения максимальной мощности на единицу габаритных размеров может быть достигнуто на основе объективной информации о работоспособности его деталей и, в частности, деталей цилиндра поршневой группы (ЦПГ). Существенное, если не основное, место в такой оценке занимает температурное состояние поршня. Расчетные методы оценки теплового состояния детали на основе метода конечных элементов (МКЭ) сопряжены с особенностями задания граничных условий, которые недостаточно изучены особенно для конструктивных вариантов вновь разрабатываемого двигателя с теплоизолированной накладкой на поршне.

Первое использование уточненной методики задания граничных условий по поверхности поршня на основе контакта ее со струей, втекающей в цилиндр, вызывает необходимость проверки ее адекватности для реальных конструкций. Косвенное решение этой задачи предусматривало выполнение в экспериментально-расчетном варианте термометрирование накладки поршня в характерных точках и сопоставлении их значений с расчетными температурами, полученными МКЭ. Высокий уровень температур и их

градиентов, высокие давления, интенсивная плотность компоновки, чрезвычайно усложняют организацию установку датчиков ИМТК. Эти условия вынуждают применять для изготовления поршня двигателя термостойкие, тугоплавкие и повышенной прочности материалы на основе титановых сплавов, что в свою очередь приводит к использованию самые современные технологий обработки материалов [3].

Высокопрочные титановые сплавы с пределом прочности sв > 1000 МПа, а именно, сплавы марок ВТ6, ВТ14, ВТ3-1, ВТ22. Высокая прочность в этих сплавах достигается упрочняющей термообработкой (закалка+старение). Указанные сплавы наряду с высокой прочностью сохраняют хорошую (ВТ6) и удовлетворительную (ВТ14, ВТ3-1, ВТ22) технологическую пластичность в горячем состоянии, что позволяет получать из них различные полуфабрикаты: прутки, плиты, поковки, штамповки, профили и др. Высокопрочные титановые сплавы применяются для изготовления деталей и узлов ответственного назначения и могут длительно работать при температурах до 400°С и кратковременно до 750–1100°С [4].

Для определения максимальных температур в накладке поршня двигателя были использованы ряд схем установки датчиков ИМТК (рис. 1, рис. 2).

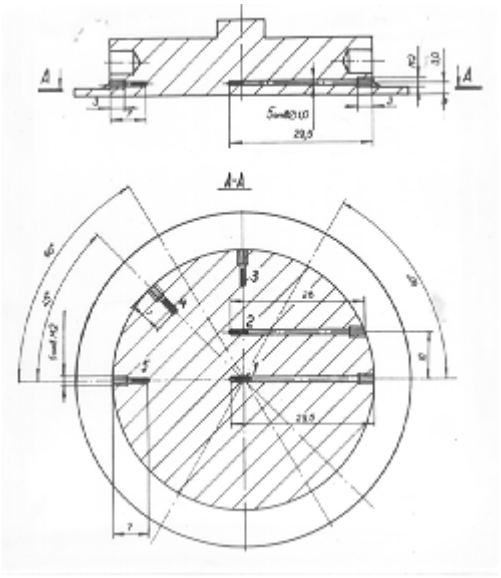


Рис. 1

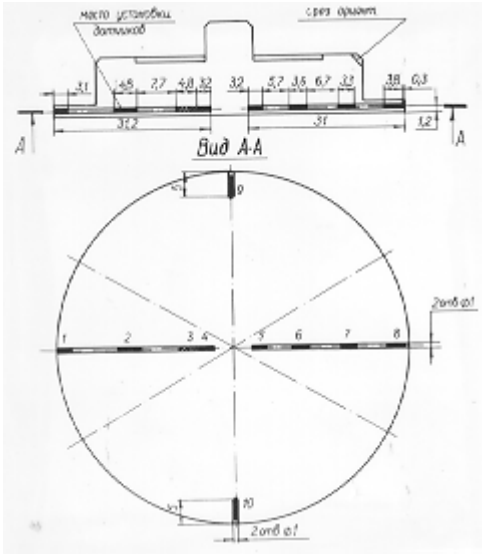


Рис. 2

Особенности конструкции поршневых накладок эволюционировали в силу развития экспериментальных данных по температурному режиму изделия, т.е. поршня двигателя в целом. Чем больше удавалось уменьшить тепловой поток через накладку, тем более эффективной оказывалась ее конструкция для целого изделия. На начальном этапе исследований (рис. 1) использовано минимальное количество датчиков ИМТК в тестовом режиме. Удовлетворительные результаты по использованию самих датчиков при их технологии установки в накладку и полученным максимальным температурам, обусловили дальнейшее применение датчиков в различных конструкциях накладки. Температурное состояния накладки по ее глубине (рис. 2) стало возможным за счет применения передовых технологий обработки титановых сплавов. Датчики ИМТК были установлены по всему диаметру на минимальной глубине от огневой поверхности поршневой накладки, что в конечном результате позволило получить без значительных искажений показания температур [5].

В последующих экспериментах схема установки датчиков ИМТК в накладке поршня и непосредственно в корпусе поршня представлена на рис. 3 и рис. 4.

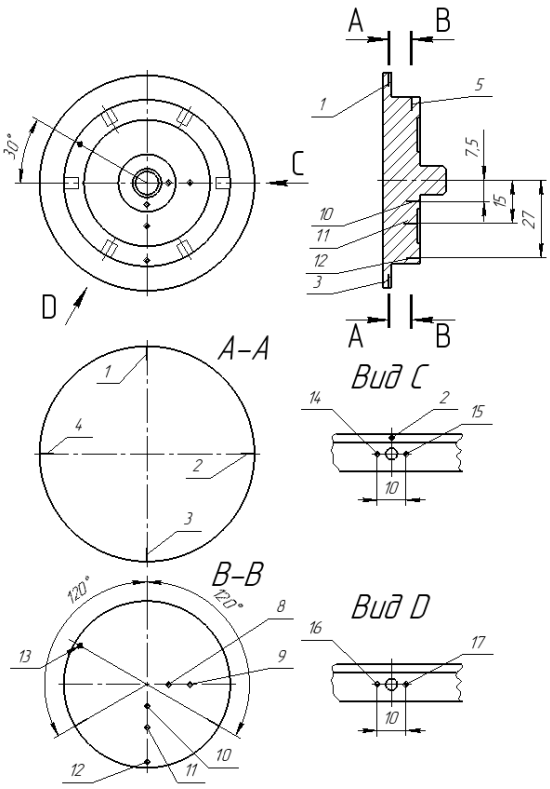


Рис. 3

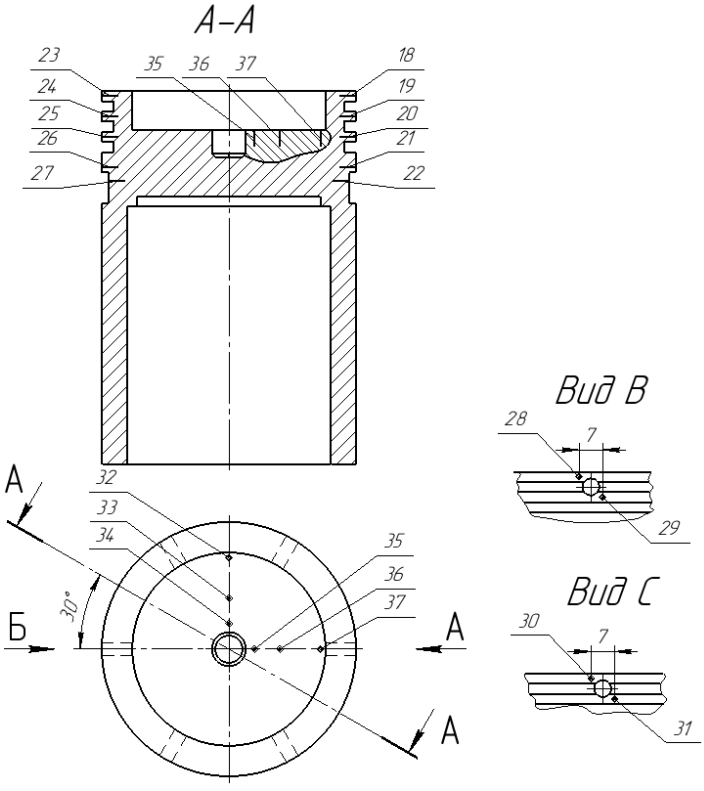


Рис. 4

При выборе мест установки датчиков учитывались следующие соображения:

1. Датчики 1–4 установлены в ободке накладки поршня, где ожидается максимальная температура, как по расчетам, так и по предыдущим экспериментам. Эти данные показательны для оценки условий подвода тепла со стороны газов.

2. Датчики 5, 6, 7 измеряют температуру на периферии накладки в её «утопленной» части и дают возможность оценки задания условий в диаметральном сопряжении.

3. Датчики 8–12 на накладке и 32–37 на корпусе поршня установлены попарно для оценки условий теплообмена по поверхностям контакта накладки и поршня (поверхность стыка).

4. Датчики 18–26 установлены в перемычках между уплотнительными кольцами и даю температуры в соответствующих пограничных зонах.

5. Датчики 28–31 установлены около крепежных штифтов для выявления возможных аномалий в этих зонах.

6. Все датчики дублированы с тем, чтобы получить более надежные результаты на случай выхода из строя некоторых из них или при получении недостоверных или сомнительных отдельных датчиков (28–30, 32–37 и т.д.).

Поршень с установленными датчиками прошел испытания на опытном двигателе. После испытаний датчики удалось извлечь из конструкции поршня только механическим путем (рис. 5).

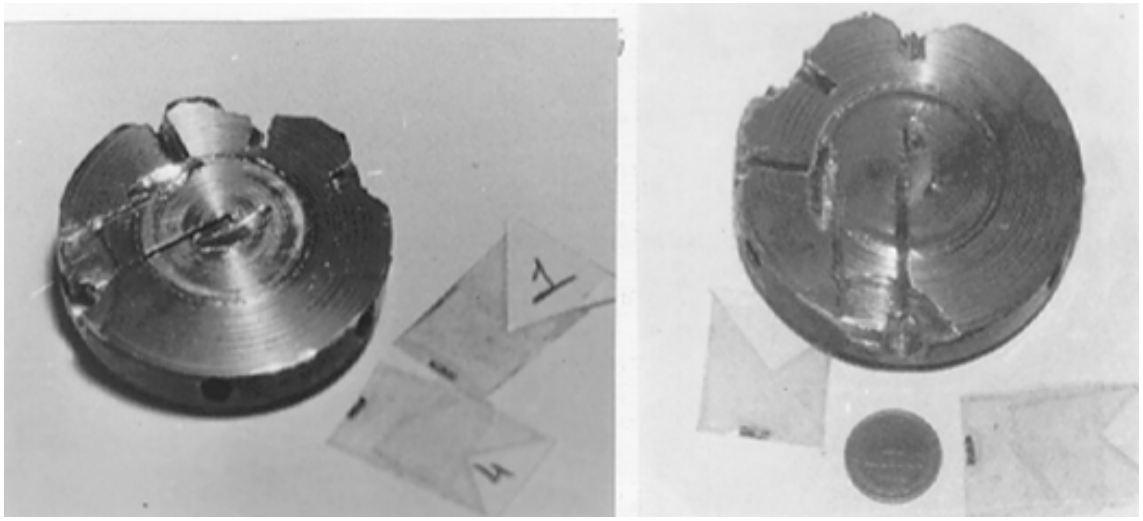


Рис. 5

Картина распределения температур в поршне может быть восстановлена путем решения задачи методом конечных элементов. При этом могут быть использованы температуры в любых точках детали. Эти температуры задаются как граничные условия первого рода, а результатом решения являются поля температур детали, в том числе и температуры на поверхности. Это позволяет выбрать места заделки датчиков, исходя из удобства установки и предположительного распределения тепловых потоков. Характер изменения температурного нагружения ИМТК определен из условия прогрева накладки на глубину установки датчиков, постоянства температуры накладки на установившемся режиме работы и изменении температуры головки после остановки двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпухин В.И., Николаенко В.А. Измерение температуры с помощью облученного алмаза. – М.: Атомиздат, 1971. – 72 с.

2. Николаенко В.А., Морозов В.А. Разработка и опыт использования измерителя максимальной температуры кристаллического. – М.: ИАЭ им. И.В. Курчатова, 1979. – 36 с.

3. Электрофизические и электрохимические технологии в машиностроении. Учеб. пособие / Ю.М. Барон и др. / под ред. В.Н. Никифорова. – СПб.: Изд. ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 790 с.

4. http://ticom-m.ru/O-titane-i-titanovyh-splavah/Promyshlennye-titanovye-splavy.

5. Виколайнен В.Э. Воздействие интенсивного струйного течения на элементы поршневых энергоустановок. – СПб.: Изд-во Политех.ун-та, 2008. – 117 с.

УДК 654.739

И.В. Симоненко[1], В.С. Озарчук[1], А.С. Суходолов[2], Е.В. Андриенко[2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] Военная академии связи

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО МАКЕТ УЗЛА СВЯЗИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТАКТИКО-СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

В настоящее время идут поиски новых решений повышения усвоения изучаемого материала с использованием различных технологических достижений современности. При этом внедрение интерактивных форм обучения является одним из важнейших направлений совершенствования учебного процесса в различных учебных заведениях, в том числе и военных. Основные методические инновации в области педагогики сегодня связаны с применением именно интерактивных методов обучения.

Интерактивный («Inter» − это взаимный, «act» − действовать) означает взаимодействовать, находиться в режиме беседы, диалога с кем-либо [1]. Другими словами, в отличие от активных методов, интерактивные ориентированы на более широкое взаимодействие обучающихся не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности обучающихся в процессе обучения.

Современные технологии позволяют делать многие вещи интерактивными, то есть такими, в которых пользователь может принимать определённое участие. Интерактивным может быть дисплей компьютера, выставка в музее, видеофильм, школьный урок, театральный спектакль или даже книга. Способы достижения интерактивности могут быть совершенно разными. Так, если в видеофильм достаточно включить элемент компьютерной игры, то в случае с бумажной книгой читателю могут предложить перейти к той или иной странице, в зависимости от его пожелания или ответа на какой-либо вопрос.

Изучение современных полевых узлов связи пунктов управления в рамках тактико-специальных дисциплин является одним из сложных элементов обучения курсантов, так как требует разносторонних знаний («объемных» знаний) не только о функционировании средств связи в составе аппаратной, но и взаимодействие этих аппаратных в системе узла связи и системы связи в целом с учетом его размещения на местности [2]. Представление размещения элементов узла связи на местности можно осуществить различными способами от рисунка (фотографии) до трехмерной электронной или натуральной модели. Современные мультимедийные средства позволяют создавать интерактивные макеты различного содержания и применения.

Актуальность применения интерактивного макета состоит в том, что он стимулирует и развивает познавательную деятельность обучающихся, их способность к самостоятельному творчеству, профессиональному мышлению.

В связи с этим интерес представляет изучение возможности применения в образовательном процессе именно интерактивных методов обучения с применением интерактивных макетов в ходе тактико-специальных дисциплин.

В современном учебном учреждении деятельность преподавателя должна быть направлена на разработку и использование таких форм, содержания, приемов и средств обучения, которые способствуют повышению интереса, самостоятельности, творческой активности обучающегося в усвоении знаний, формированию умений, навыков, их практическому применению, а также формированию способностей к самостоятельному, творческому, профессиональному мышлению [3].

Структура интерактивного макета представляет собой набор различных информационных элементов для получения «объемной информации» об узлах связи пунктов управления (рис. 1).



Рис. 1. Элементы интерактивного макета узла связи пункта управления



Рис. 2. Структура интерактивного макета узла связи пункта управления

Программно-аппаратный комплекс интерактивного макета представляет собой набор различных информационных и электронных элементов для получения «объемной информации» об узлах связи пунктов управления (рис. 2).

Макет размещения узлов связи пунктов управления на местности масштаба 1:120 представляет собой натурализованный масштабированный макет местности, изготовленный с применением технологий и средств трехмерной печати (рис. 3).



Рис. 3. Элементы интерактивного макета узла связи пункта управления



Рис. 4. Элементы информационно-справочной системы интерактивного макета

Аппаратные узлов связи объедены в элементы узла связи по их функциональному предназначению. Элементы рельефа придают макету реалистичность местности. Натурализованный масштабированный макет позволяет обучаемым различных категорий наглядно ознакомится:

- со структурой, составом полевых узлов связи соединения и объединения;

- с размещением аппаратных и станций в элементах узла связи;

- с размещением полевых узлов связи и их элементов на местности;

- с организацией взаимодействия полевых узлов связи с элементами системы связи объединения.

Указателями элементов узла связи служит адаптированная под информационно-справочную систему неоновая подсветка. Разработанная с использованием аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники Arduino, управление Arduino осуществляется с информационной стойки. Информационная стойка представляет собой ПЭВМ высокой производительности с сенсорным экраном, который размешен в металлической стойке. В ПЭВМ размещается информационно-справочная система, разработанная с применением гипертекстовой технологии. Справочная система имеет древовидную структуру и легко позволяет отыскать и ознакомиться с различным материалом по узлам связи от истории развития узлов связи до детального описания узлов связи различных звеньев управления от батальона до армии непосредственно привязываясь к натурализованному макету узлов связи (рис. 4).

Для повышения информативности интерактивного макета и демонстрации элементов боевого применения частей и подразделений связи по развертыванию узлов связи разработана трёхмерная анимированная модель узла связи.

Виртуальный 3D-макет выполнен с использованием межплатформенной среды разработки компьютерных игр Unity. Управление виртуальным 3D-макетом осуществляется через информационную стойку, которая позволяет управлять экраном отображения в ходе «погружения» в трехмерную модель (рис. 5).

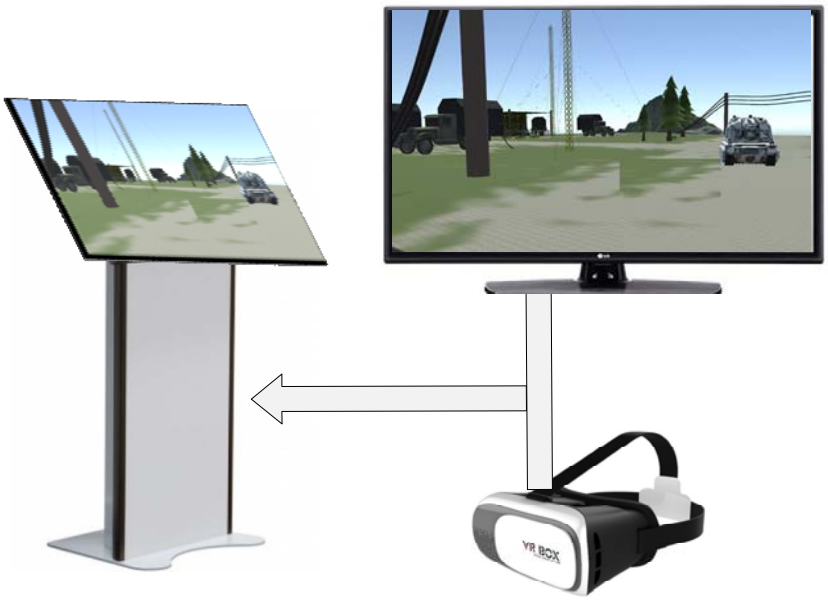


Рис. 5. Элементы виртуального 3D-части интерактивного макета

Для создания эффекта дополненной реальности используются 3D-очки виртуальной реальности, управляемой со смартфона, в который загружена программа с 3D-макетом. Использование трехмерных технологий позволяет обучаемому полностью «погрузиться» в расположение узла связи и, наглядно проходя последовательно его элементы, развернутые на местности ознакомиться с их описанием, а также в режиме виртуального гида с озвучиванием описания информации про увиденное на макете пройти «экскурсионным» путем по узлу связи.

Данный 3D-макет предоставляет множество функциональных возможностей обучаемым ознакомится в игровой форме с организационно-техническими структурами

полевых узлов связи и размещением их элементов на местности, соответствующей натуральному макету. Разработанный интерактивный макет представляет максимум четкой целевой информации в легкой интерактивной форме. При этом обучаемый сам выбирает, что ему интересно увидеть или какую информацию получить.

Активность преподавателя уступает место активности обучающихся, его задачей становится создание условий для проявления их инициативы в познавательной деятельности. Преподаватель отказывается от роли простого транслятора готовых знаний и выполняет функцию одного из источников информации и помощника в работе, организующего самостоятельную познавательную деятельность обучающихся по продуцированию знаний об окружающей действительности, побуждающего к поиску, исследованию явлений и процессов, самостоятельному решению проблем [4].

Представленное сочетание физического макета и интерактивно управляемого мультимедийного контента привлекает внимание, доносит максимум полезной информации за наиболее короткое время. Интерактивный макет позволяет максимально просто, доступно и наглядно представить любой категории обучаемых наглядность изучаемого ими материала по узлам связи пунктов управления.

Таким образом можно сделать вывод, что использование интерактивного макета в процессе обучения позволяет положительно влиять на эффективность обучения, а также способствует быстрому освоению учебного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров С.В. Что такое интерактивность [Электронный ресурс] // Сидоров С.В. Сайт педагога-исследователя. – URL: http://si-sv.com/publ/1/chto_takoe_interaktivnost/14-1-0-523 (дата обращения: 24.03.2019).

2. Иванов В.Г., Корниенко Е.А., Панихидников С.А., Тевс О.П. Модель электронно-программного тренажера для изучения полевых узлов связи В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. под. ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич, Л.М. Минаков. Санкт-Петербург, 2015. – С. 1237–1242.

3. Иванов В.Г., Запалова А.В. Повышение познавательной активности обучаемых при использовании интерактивного тренажера. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей. Санкт-Петербург, 2018.

4. Иванов В.Г., Панихидников С.А., Кутенко В.А., Хвостова К.А. Применение технологий виртуальных интерактивных 3D панорам при изучении узлов связи пунктов управления. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей. – 2014. – С. 825–829.

ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ТУРИЗМА

УДК 796.01

Г.В. Сущенко, В.А. Щеголев, Р.А. Агаев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УПРАВЛЕНИЕ СПОРТИВНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ ВУЗА

Анализ научно-педагогической литературы [1–10] указывает на то, что спортивно-педагогические системы в вузах – это системы динамические, поскольку они функционируют в условиях изменчивости различных факторов внешнего окружения, а также перемены внутренних состояний системы под воздействием этих факторов. Так в любой спортивно-педагогической системе процесс повышения спортивного мастерства спортсмена-студента осуществляется в условиях видоизменения педагогических целей и возникновения новых задач, постоянного обновления научной информации, на основе которой формируются новое содержание, новые формы и методы спортивной тренировки.

Цель и задачи исследования. Опыт спортивной подготовки студентов вузов и повышение их спортивного мастерства показывает, что если цели спортивного совершенствования не совпадают с личными мотивами и потребностями, то спортсмены, особенно в спорте высших достижений, могут подвергнуть сомнению целесообразность их достижения [4–6]. Таким образом, в той или иной спортивно-педагогической системе задаваемые извне цели практически всегда адаптируются личностью сообразно его структуре потребностей и мотивов. В этом смысле спортивно-педагогические системы выступают как системы самоуправляемые.

Методы исследования. Изучение личностного отношения студентов к занятиям физической культурой и спортом осуществлялась нами по результатам проведенного анонимного анкетирования. Исследования проводились на базе института физической культуры, спорта и туризма Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. В анонимном анкетировании приняло участие 384 студента различного возраста.

По масштабу анализа системы управления спортивным совершенствованием любой категории студентов спортсменов, можно выделить четыре уровня: социетарный, институализированный, интерперсональный, интраперсональный.

Социетарный уровень управления спортивным совершенствованием затрагивает всю систему спортивной подготовки и ее влияния на личность студента-спортсмена, где в качестве субъекта педагогического воздействия выступает общество в целом.

Институализированный уровень представляет собой управление спортивным совершенствованием студентов-спортсменов в спортивных организациях (спортивных клубах, вузах, федерациях и др.).

Интерперсональный уровень характеризует способы непосредственного индивидуального или группового влияния на личность спортсмена или спортивный коллектив со стороны тренерского или преподавательского состава.

Интраперсональный уровень педагогического управления спортивным совершенствованием студентов означает управление, при котором субъектом и объектом тренировочного воздействия является одно и то же лицо, т.е. сам спортсмен. По мере перехода на более высокие уровни педагогическое управление спортивным совершенствованием студентов-спортсменов выражено приобретает черты административного или социального управления. Применительно к процессу спортивного совершенствования студентов в спорте высших достижений все эти уровни управления

могут оказывать определенное педагогической воздействие. Однако в большей степени данное воздействие осуществляется на нижних двух уровнях, ибо только здесь спортивное совершенствование принимает форму непосредственного руководства развитием и саморазвитием личности студента-спортсмена.

*Результаты исследования***.** Для повышения эффективности управления спортивно-педагогическими системами в вузах существенный интерес представляют данные проведенного нами опроса о систематичности занятий студентов физической культурой в зависимости от того, к какой категории они себя относят:

1) спортсмену, 2) физкультурнику и 3) не занимающемуся физкультурой и спортом. Установленные результаты свидетельствуют о том, что около 30 % студенческой молодежи регулярно занимаются физической культурой и относят себя к спортсменам; 31, 6% опрошенных относят себя к физкультурникам и систематически посещают спортивные занятия; 39,4% студентов не занимаются регулярно физическими упражнениями.

Исследования возрастных параметров студентов позволяет заключить, что чем взрослее юноша или девушка, тем реже становятся их занятия физическими упражнениями. Об этом в частности свидетельствуют установленные нами данные: к регулярно занимающимся физической культурой и спортом себя отнесли 13,9% 17-летних студентов, 14,3, % 18-летних и 11,6% 19-летних; к физкультурникам соответственно – 46, 3% 17-летних студентов, 39,2% 18-летних и 25, 4% 19-летних.

Обращает на себя внимание факт увеличения доли юношей, не занимающихся регулярно физической культурой и спортом: среди 17-летних студентов – 23,7%; 18-летних – 28,3%; 19-летних – 35, 6% обследованных.

В процессе опроса установлено, что отношение студентов к физкультурно-спортивной деятельности во многом определяется характером их интересов и мотивов. Более того, уровень сформированности интересов и мотивов выступает, как один из ведущих показателей их личностной физкультурно-спортивной ориентации [3].

Данные проведенного опроса показывают также, что лишь 34,7% студентов считают целесообразными регулярные занятия физической культурой и спортом для своей будущей профессиональной деятельности. Это далеко не высокий уровень оценки социальной значимости физической культуры для личностного физического, интеллектуального и духовного совершенствования.

Таким образом, с возрастом студенческая молодежь, в силу ряда причин, теряет интерес к регулярным занятиям физическими упражнениями. Видимо следует утверждать о необходимости повышения эффективности физкультурно-спортивного образования студенческой молодежи путем использования в методике физического воспитания современных педагогических технологий.

С этой целью сотрудниками института физической культуры, спорта и туризма Санкт-Петербургского государственного политехнического университета была проведена формирующая работа, которая осуществлялась в процессе организации со студентами спортивных мероприятий.

Программа формирующего эксперимента обсуждалась с тренерами по видам спорта. Как показывает опыт подготовки высококлассных спортсменов в условиях вуза, доминирование вышестоящих уровней управления или полная подмена ими нижестоящих может привести к тому, что процесс спортивного совершенствования той или иной категории студентов-спортсменов лишается своего психолого-педагогического содержания и принимает форму административно-командной педагогики.

Возможна и подмена интраперсонального уровня управления системой спортивного совершенствования, т.е. перенос в сторону усиления внешнего педагогического воздействия и полное подавление собственной спортивной активности студента-спортсмена. В этом

случае процесс спортивной подготовки принимает форму авторитарного руководства и экстериальной спортивной педагогики.

При этом учитывались следующие педагогические установки:

– любая спортивная деятельность создает предпосылки для ориентации студентов вузов на спортивно-развивающее поведение, как непосредственно в процессе самой деятельности, так и опосредованно через воздействие конкретных, но не постоянных условий, в которых она осуществляется;

- спортивная деятельность не просто расширяет диапазон двигательных навыков и умений, не только повышает работоспособность и адаптационные возможности организма студентов вузов, ее учебную эффективность, но и, по сути дела, формирует такую степень физического совершенствования, которая обеспечивает гармоничную потребность в организации спортивного образа жизни и способствует совершенствованию любого вида учебно-профессиональной деятельности будущих специалистов;

- воспитательная функция спорта, направленная на ориентацию студентов-спортсменов к организованному образу жизни, в большей степени представлена в системе учебно-тренировочных занятий по спорту, где обеспечивается педагогическое руководство профессиональным, физическим и психическим совершенствованием студенческой молодежи [2].

Однако для эффективности диагностики в процессе формирования ориентации студентов вузов на спортивно-развивающее поведение необходима постоянная обратная связь, индивидуальная работа с каждым студентом- спортсменом в соответствии с полученными спортивными результатами. Достижение этих задач возможно лишь при объединении усилий преподавателей и тренеров различных спортивных дисциплин.

В проведенном нами формирующем эксперименте, объединение усилий преподавателей и тренеров различных спортивных дисциплин проводилось частично, поскольку такая работа требует специального обсуждения с преподавателями, признания ими актуальности спортивно-развивающего поведения, содержания и технологий спортивной подготовки.

В целом можно отметить, что работа в этом направлении требует более широкого обсуждения и выраженной позиции профессорско-преподавательского и управленческого состава вуза. Очень важно, чтобы преподаватели сами были носителями достаточно высокого уровня спортивно-развивающего поведения. Этому могут способствовать различные методические материалы, обсуждение рассматриваемой проблемы на научно-практических конференциях и совещаниях. Важна также и дальнейшая работа над критериями и качествами, которые нужно развивать у студентов, занимающихся спортом [3].

Наряду с мероприятиями спортивного и социально-культурного характера, важную роль в системе эффективного тренировочного процесса со студентами вузов имеет просветительская, обучающая и воспитательная работа, проводимая, согласно нормативным документам, во всех образовательно-спортивных учреждениях [4–10].

Вывод. В связи с существенными изменениями во всех сферах спортивной деятельности и динамичным ростом объема и сложности, решаемых задач, подготовка студентов-спортсменов в вузах становится центральным звеном в спортивно-педагогических системах. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что процесс подготовки и спортивного совершенствования студентов имеет свои специфические особенности, которые необходимо учитывать при конструировании тех или иных спортивно-педагогических систем и их реализации в условиях учебного заведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаев, Р.А. Общая характеристика методов, используемых в практике управления физкультурно-спортивной работой в вузе / Р.А. Агаев, В.П. Сущенко, В.А. Щеголев // Неделя науки

СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт физической культуры, спорта и туризма. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 8–10.

2. Калинина, О.В. Логистический подход к управлению спортивными мероприятиями в вузе / О.В. Калинина, В. П. Сущенко, В.А. Щеголев, Р.А. Агаев // Ученые записки университета физической культуры им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 7 (161). – С. 109–113.

3. Карпов, В.Ю. Социально-личностное воспитание студентов в процессе физкультурно-спортивной деятельности / В.Ю. Карпов, В.А. Щеголев, Ю.Н. Щедрин. – Санкт-Петербург, 2007.

4. Липовка, А.Ю. Физкультурно-спортивный комплекс (ГТО) в системе высшего профессионального образования / А.Ю. Липовка, В.П. Сущенко, В.А. Щеголев // В сборнике: Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2017. – С. 50–54.

5. Сущенко, В.П. Повышение квалификации субъектов управления развитием студенческого спорта в системе дополнительного профессионального образования / В.П. Сущенко, Р.А. Агаев // Ученые записки университета физической культуры им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 3 (169). – С. 338–342.

6. Сущенко, В.П. Организационно-педагогический механизм управления подготовкой студентов к выполнению норм и требований физкультурно-спортивного комплекса (ГТО) / В.П. Сущенко, Р.А. Агаев // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт физической культуры, спорта и туризма. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 108–111.

7. Щеголев, В.А. Функциональный состав управления спортивно-педагогическими системами в учебном заведении / В.А. Щеголев, Р.А. Агаев // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт физической культуры, спорта и туризма. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 129–131.

8. Щеголев, В.А. Основные направления процесса повышения профессионального мастерства специалистов спортивных клубов единоборств / В.А. Щеголев, Ю.Б. Букин, А.Р. Ротенберг, В.А. Белоус // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2007. – № 36. – С. 357–359.

9. Щеголев, В.А. Определение характера педагогического воздействия занятий спортивными единоборствами и прикладными физическими упражнениями на воспитание у студентов, обучающимся по программам подготовки офицеров запаса, профессионально значимых личностных качеств / В.А. Щеголев, Б.Г. Тихонов, Ю.Н. Щедрин, О.А. Дмитренко // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2007. – № 36. – С. 360–367.

10. Щеголев, В.А. Основные направления ориентации студенческой молодежи на здоровый образ жизни в процессе физкультурно-спортивной деятельности / Щеголев В.А., Миронов А.О. // В сборнике: Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2016. – С. 272–276.

ВЫСШАЯ ШКОЛА МЕЖДУНАРОДНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

УДК 94(47).084.8

Н.Д. Пригодич
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО ВОСПРИЯТИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИИ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Цель работы – проанализировать проблемы преподавания истории иностранным обучающимся по программам подготовки в вуз, выявить возможные трудности с учетом этнического состава обучающихся в академической группе и найти пути их преодоления.

Актуальность работы связана с развитием интернационализации высшей школы, постоянным увеличением числа иностранных студентов в российских вузах и, как следствие, риском снижения качества их подготовки.

История – не только предмет, который направлен на усвоение исторического материала, он несет в себе большой развивающий и воспитательный потенциал. При правильном методическом обеспечении и грамотном преподавании история становится одним из элементов адаптации иностранных студентов к образовательной среде вуза. Иностранные граждане испытывают колоссальный стресс, связанный с культурными, климатическими, религиозными различиями. Накладываются проблемы нахождения студентов в дали от дома [1].

Образовательный курс «История» преподается иностранным студентам подготовительных факультетов (отделений) многих высших учебных заведений Российской Федерации. Наиболее часто данный предмет вводится для расширения представлений о государстве и его многовековой истории, культуре, традициях и менталитете русского народа. Кроме того, важнейшим аспектом в данном отношении является более глубокое изучение русского языка, в том числе с точки зрения фонетики. Немаловажным фактором выступает формирование базы для дальнейшего изучения гуманитарных дисциплин.

Преподаватели истории из различных научно-образовательных центров России сталкиваются со схожими проблемами в ходе проведения учебных занятий [2]. Их следует разделить на три основные группы:

- недостаточное количество или полное отсутствие представлений о культуре и истории России;
- иная модель восприятия и усвоения новых знаний, в связи с которой происходят трудности в адаптации к отечественной системе;
- низкий уровень языковой подготовки, недостаточный для восприятия предметов гуманитарной направленности.

Перечисленные проблемные аспекты в значительной мере затрудняют проведение качественного образовательного процесса. Способов преодоления данного рода препятствий сразу несколько. Во-первых, неоценимую помощь может оказать правильно составленное методическое пособие, которое будет не только учебником по истории России, но и сможет развивать навыки русского языка, анализа и интерпретации текста. Вторым важным моментом является использование большого количества наглядно-иллюстративного материала, который выступает в поддержку информации, доносимой в устном и письменном виде. Также не следует игнорировать использование тематических презентаций, упрощающих восприятие новых тематических разделов, что вдвойне необходимо при

рассмотрении сложных проблем отечественной истории, трудных для изучения даже русскоязычными студентами. Наконец не следует забывать и о проведении классических открытых практических занятий.

Таким образом, указанные способы помогают решить проблему скорейшей адаптации иностранных студентов к российской действительности. Более того, достижение адаптации необходимо по причине более быстрого включения студентов-иностранцев в учебный процесс, что позволяет повысить уровень подготовки иностранных специалистов в высших учебных заведениях России [3].

Однако еще одной важной особенностью становятся заложенные в самих студентах образы культурно-исторического восприятия. Для студентов из Юго-Восточной Азии, Дальнего Востока, Средней и Центральной Азии, а также от части ближневосточного региона и ряда африканских стран отсутствует привычный для отечественной традиции европоцентризм. Данное обстоятельство затрудняет понимание религиозных, лингвистических и общеисторических аспектов.

В то же время обучающиеся, прибывшие из стран Центральной, Южной и Западной Европы, Южной и Северной Америки, а также из стран, бывших европейских колоний африканского континента, имеют устойчивое восприятие исторического процесса в соответствии с традициями западноевропейской научной школы. Как известно, данное понимание по многим историческим сюжетам значительно разнится с принятыми нормами отечественной исторической традиции.

Немаловажную роль играет разница в отношении к историческим событиям, общим для России и Китайской Народной Республики. Студентам трудно отказаться от усвоенного социально-культурного опыта в интерпретации исторических событий, поэтому традиционные для российской науки трактовки, могут восприниматься как унижение родного государства или надругательство над памятью предков. Это касается походов русских землепроходцев в XVII в. на Дальнем Востоке, присоединению Дальнего Востока к России в XIX в., критики культа личности Сталина и т. д. Все эти особенности требуют от преподавателя постоянного контроля за своей речью, терминологией, поиска оптимальных форм и методов донесения информации, иначе значение многих событий истории России останется иностранным студентам непонятным либо понятым неверно [4].

Также следует учитывать коннотативный момент в понимании ситуаций, фраз и даже лексики. Ввиду национально-культурного своеобразия каждого языка и каждого народа, преподавателю сложно найти универсальный подход, однако, следует строить материал так, чтобы каждый из представителей этнических групп смог почувствовать свою лингвистическую интуицию, проявить свои знания, аналитические способности.

Наиболее характерным примером, демонстрирующим разницу между западноевропейским, азиатским и российским подходами, является тема Второй мировой войны. В рамках курса по истории России иностранным студентам преподается сложный и многообразный материал под общим названием «Великая Отечественная война». Данная тема, непростая в усвоении, позволяет обучающимся ознакомиться с наиболее трудным периодом отечественной истории XX века. Это необходимо как для общего понимания современной ситуации в мире, так и для понимания того пути развития, которым пошло государство ощущая на себе тяжелейший груз последствий войны.

Отсутствие европоцентричного подхода у значительной части студентов, с одной стороны, приводит к заметному затруднению в понимании причин и предпосылок произошедших событий. В то же время сам ход войны, который представляет собой целый комплекс проблем, тесно связанных с европейским правом, географией, экономикой, социальными отношениями и многим другим, становится подчас непреодолимой задачей для освоения студентами иной культуры. С другой стороны, такое положение позволяет отлично прослеживать глобальность произошедших событий. Даже базовые знания относительно

событий времен войны, разыгравшихся в азиатско-тихоокеанском регионе, и наложенные на них новые изученные аспекты складываются в масштабную картину. Данное обстоятельство позволяет добиться понимания общеисторического процесса XX в. на удовлетворительном уровне.

Особенности совершенно иного характера вызывают осложнения у студентов, привыкших к западноевропейскому подходу к изучению истории Второй мировой войны. Сама специфика материала при таком рассмотрении построена на превалировании сюжетов участия ведущих западных держав (Великобритания, Франция, США). Такое положение является распространённым, так как любая история, в первую очередь, нациецентрична, однако не может не накладывать своего заметного отпечатка. Отведенное время на изучение событий войны, происходящих на восточном фронте, значительно сужается, что приводит к искаженному восприятию общей картины всей мировой войны. На это накладывается и значительное количество хорошо известных и во многом популярных работ на тему «решающего вклада в победу над нацистской Германией». Общие выводы в них сводятся к первостепенной роли Великобритании и США. Таким образом, у многих иностранных студентов еще до момента приезда в Россию существует вполне сформированное мнение относительно общих итогов и результатов Второй мировой войны.

Вышеуказанные проблемы создают необходимость аккуратного и точного донесения позиции отечественной исторической школы относительно хода и, в особенности, итогов мировой войны. В этом отношении важным является не огульная критика существующего на западе подхода, а умение представления качественных аргументов. В обязательном порядке студент должен самостоятельно сравнить свою собственную позицию с той традицией, которая является для него не привычной и, вполне вероятно, не понятной. Такой метод привнесения новых знаний работает наиболее эффективно. Более того, качественным дополнением становятся задания по изучению совместных действий США, Великобритании, СССР и Франции. Основными примерами могут послужить поставки по Ленд-Лизу, дипломатические конференции, или сотрудничество военной авиации.

В то же время, несомненным преимуществом студентов с западноевропейской базой являются широкий набор знаний фактологии, конкретных результатов и последствий, приведших к последующим событиям. Эти обстоятельства позволяют выступать с сообщениями и докладами высокого уровня перед учебной группой. Поэтому проведение практических занятий в рамках изучения Великой Отечественной войны становится не только полезным, но и необходимым. Наконец, эффективным способом закрепления пройденного материала является непосредственное посещение памятных мест произошедших событий. Так, при изучении ленинградской блокады, большой эмоциональный отпечаток оставляет посещение Пискаревского мемориального кладбища.

Большая часть иностранных студентов, не владея свободно русским языком, не в состоянии отсеивать второстепенную информацию и быстро усваивать суть основных понятий новых учебных дисциплин. Для такого навыка иностранцу необходим высокий уровень владения неродным языком. Зачастую, к моменту начала изучения дисциплины История России «студенты не успевают освоить необходимые грамматические конструкции на русском языке; имеют маленький словарный запас и не способны вести диалог, а тем более письменные конспекты на русском языке, а также то, что построение родного языка студентов часто сильно отличается от построения русского языка; отсутствует интернациональная лексика; многие студенты не владеют языком-посредником» [5].

В связи с этим перед преподавателями в иностранной аудитории стоят специфические задачи: 1) сформировать и расширить лексические и фоновые знания студентов; 2) сформировать представление учащихся об основных этапах исторического развития России; 3) познакомить аудиторию с особенностями менталитета, обычаями и традициями

русского народа; 4) создать лексико-грамматическую базу для дальнейшего обучения по дисциплинам гуманитарного профиля.

Естественно, реализация данных задач во многом будет зависеть от срока обучения и условий преподавания дисциплины. Для иностранной аудитории важную роль играют наглядные образы, преподавателю необходимо тщательно отбирать материал, использовать карты и схемы, выбирать хорошие качественные иллюстрации, наиболее узнаваемые образы, при этом иногда рассказывать о неожиданных, малоизвестных явлениях и фактах русской культуры, ломающих стереотипы иностранцев о русских [6].

Таким образом, обобщая приведенные выше данные следует заметить, что в рамках преподавания курса истории России возникают значительные трудности по части усвоения материала студентами. Сложные особенности, связанные с низким знанием русского языка, образовательным менталитетом и слабым уровнем представлений о России, ее истории и культуры, приводят к значительному дроблению учебной группы на части. В первую очередь, это представители западноевропейской и азиатской исторических школ. Для каждой из этих частей необходим отдельный педагогический подход, которые строится на восполнении слабых мест обучающихся и непременном использовании их сильных сторон.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 17-01-00346-ОГН «Блокада в решениях руководящих партийных органов Ленинграда. 1941–1944 гг.».

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев Д.О. Преподавание истории России иностранным студентам: особенности и методика // Межсистемный подход к интеграционным процессам развития науки. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 30 мая 2019 г. (Под ред. И.И. Ивановской). – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2019. – С. 17–21.

2. Пригодич Н.Д. Основные особенности преподавания истории Великой Отечественной войны иностранным студентам // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа международных образовательных программ. – СПб: Изд-во: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – С. 8–11.

3. Краснощеков В.В. Обеспечение качества российско-китайских программ высшего образования / В.В. Краснощеков // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 3. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28853 (дата обращения: 15.10.2019).

4. Гринько А.А. К вопросу о преподавании дисциплины «История» иностранным студентам // Международное образование и сотрудничество. Сборник материалов V международной научно-практической конференции «Профессионально направленное обучение русскому языку иностранных граждан» 02 ноября 2017 г. (Отв. ред. А.Н. Ременцов). – М.: ТехПолиграфЦентр, 2017. – С. 119–122. – URL: http://www.madi.ru/3407-sborniki-trudov-izdavaemye-na-fakultete.html (дата обращения 06.10.2019).

5. Михайлова И.В. Специфика преподавания истории России иностранным студентам в техническом вузе / И.В. Михайлова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 2-2. – С. 53–55.

6. Кузькина А.И. Преподавание истории России с учётом языковой картины мира иностранных студентов // Русский язык в современном Китае. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Чита, 19–20 апреля 2019 г. (Отв. ред. Ю.В. Звездина). – Чита: Забайкальский государственный университет, 2019. – С. 126–128.

УДК 372.881.161.1

К.В. Васильева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНТЕРАКТИВНАЯ ПРЕЗЕНТАЦИЯ КАК ФОРМА ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ УСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛА ЯЗЫКА СПЕЦИАЛЬНОСТИ КИТАЙСКИМИ СТУДЕНТАМИ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН»

«Промышленный дизайн» является одним из четырёх направлений подготовки, которые могут выбрать студенты Совместного инженерного института, созданного в 2016 году на базе Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) и Цзянсуского педагогического университета (ЦПУ), находящегося в городе Сюйчжоу провинции Цзянсу, КНР. Обучение в Совместном инженерном институте по программе бакалавриата предусматривает обучение в течение первых двух лет в Китае, в ЦПУ и два последующих – в России, в СПбПУ. Студенты данной программы могут учиться в двух институтах СПбПУ – Институте машиностроения, материалов и транспорта (ИММиТ) и Институте физики и нанотехнологий (ИФНиТ) по четырём направлениям подготовки: «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Электроника и наноэлектроника», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Промышленный дизайн».

Перед преподавателями Высшей школы международных образовательных программ (ВШ МОП) стоит важнейшая задача – обучить китайских студентов Совместного инженерного института языку специальности, необходимому им для понимания и освоения материала лекций и практических занятий на русском языке. Студенты должны владеть специализированной лексикой, уметь применять её и вычленять в потоке лекционного материала. Поэтому преподаватели ВШ МОП СПбПУ специально для этих студентов разрабатывают учебные пособия по языку специальности по каждому направлению подготовки [1–3].

Работа по написанию учебного пособия по обучению языку специальности китайских студентов направления подготовки «Промышленный дизайн» идёт совместно с преподавателями Высшей школы креативной индустрии и дизайна ИММиТ. Авторами пособия были выявлены основные дисциплины, знание лексики и основных положений которых необходимо для успешного освоения учебного материала. Это дисциплины: «Основные положения теории дизайна», «Основы композиции», «Цветоведение и комбинаторика», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Проектирование и макетирование», «Материаловедение» и «Эргономика». Написание пособия сопряжено с апробацией его материалов в аудитории. На занятиях по русскому языку студенты не только изучают лексику перечисленных выше дисциплин, но и осваивают различные грамматические конструкции, применяемые в научном стиле речи, читают и разбирают неадаптированные тексты и аутентичные материалы по их специальности, учатся конспектировать лекции, получают навыки монологических выступлений и опыт участия в дискуссиях при обсуждении дизайнерских проектов.

Учебный план занятий по предмету «Русский язык» для китайских студентов-дизайнеров включает в себя следующие блоки: «Понятие дизайна. Виды дизайна», «Основы композиции», «Цветоведение и колористика», «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика». Каждый из указанных блоков представляет собой знакомство с одной из дисциплин, составляющих в совокупности базовые знания дизайнеров.

В первом блоке «Понятие дизайна. Виды дизайна» студенты изучают элементарную лексику, необходимую им, как будущим дизайнерам (например: *дизайнер, проект, чертёж, логотип, шрифт и др.*); глаголы и отглагольные существительные (например:

проектировать – проектирование; изображать – изображение) и грамматические правила их использования в научных текстах; различные направления в дизайне и объекты их проектирования; грамматические конструкции для объяснения функции и назначения, применяемые в научном стиле речи *(«кто[1]/что[1] занимается чем[5]», «кто[1]/что[1] осуществляет что[4]», «кто[1]/что[1] выполняет что[4]»*).

Во втором блоке «Основы композиции» изучаются следующие аспекты: единство и целостность композиции; композиционный центр и способы его выделения; основные художественные средства композиции и их применение; понятие гармонии в композиции; пропорции и отношения, как средство организации элементов в единую устойчивую систему; равновесие и динамика в композиции, их связь с симметрией и асимметрией; перспектива, как система художественных средств изображения трёхмерного пространства на двухмерной плоскости; понятие светотени и градация освещённости предмета и другие [4, 5]. Помимо большого объёма нового для студентов лексического материала, в этом блоке рассматриваются грамматические конструкции для определения понятия, применяемые в научном стиле речи, такие как: *«что[1] – это что[1]», «под чем[5] понимается что[1]», «что[1] представляет собой что[4]», «как/чем[5] называется что[1]» и другие.*

В блоке «Цветоведение и колористика» рассматриваются основные положения теории цвета: главный цветовой круг дизайнеров – 12-ступенный цветовой круг Иттена; классификация цветов (*основные, составные, сложные, комплиментарные, смежные, контрастные цвета*); ахроматические и хроматические цвета; смешение цветов; основные свойства цвета (*цветовой тон, насыщенность, яркость и теплота*). В отдельном уроке изучаются оптические, физиологические, психологические и эмоциональные закономерности воздействия цвета на человека [6, 7]. В качестве грамматического материала предлагается сравнительная степень прилагательных (*светлее – темнее, холоднее – теплее, ярче, насыщеннее, чище и др.*) и грамматические конструкции, используемые для называния цвета *«что[1] какого[2] цвета», «что[1] имеет какой[4] цвет».*

В блоке «Начертательная геометрия» изучаются такие теоретические темы, как: основные понятия проецирования; методы проецирования; система плоскостей проекции. В этом блоке студенты знакомятся с символикой, которую используют на чертежах и в других конструкторских документах, а именно, с символами, обозначающими геометрические фигуры и отношения между этими фигурами [8–10]. Грамматическим материалом в этом блоке служат конструкции, расшифровывающие символические записи (*«что[4] обозначают при помощи чего[2]», «что[1] обозначается через что[4]»*).

В блоке «Инженерная графика» изучаются основные положения комплекса государственных стандартов по разработке, оформлению, содержанию и обращению конструкторской документации в Российской Федерации. В данном блоке рассматриваются такие темы, как: требования к оформлению чертежей (*форматы, масштабы, виды линий, использующихся на чертежах, правила нанесения размеров на чертежи*); классификация изображений на чертежах: виды, разрезы и сечения [10]. Рассматриваются грамматические конструкции для классификации предметов, явлений и понятий: *«что[1] подразделяется на что[4], по какому признаку[3]», «что[4] делят на что[4], в зависимости от чего[2]», «что[1] бывает каким[5]» и др.* В этом блоке большое внимание уделяется числительным и их употреблению в разных падежных формах (например: *«сколько[1] на сколько[4]»* – для чтения размера формата; *«сколько[1] к скольки[3]»* – для чтения масштабов и т.п.).

В качестве итогового контроля усвоения изученного материала для студентов-дизайнеров предлагается форма интерактивной презентации. Такая форма контроля привычна для русских студентов, она широко используется при подготовке по промышленному дизайну. Но для китайских обучающихся персональные выступления перед аудиторией вызывают определённые затруднения, что может быть обусловлено как китайским менталитетом, так и особенностями системы образования в КНР, не

предполагающими развития индивидуальности и творческого потенциала учащихся, которые в свою очередь имеют первостепенное значение среди профессиональных качеств дизайнера. Для развития умений и навыков публичных выступлений предлагается вышеуказанная форма итогового контроля, имитирующая процедуру защиты дизайнерского курсового проекта. Процедура проведения такой формы контроля следующая. Студенты в парах получают по одной из изученных тем и готовят по ней урок-презентацию. Презентация должна содержать задания на контроль усвоения материала данной темы их одногруппниками. В число обязательных заданий входят упражнения на повторение терминологической лексики и грамматических конструкций, изученных в рамках данной темы, а также задания на узнавание основных понятий, выявление логических связей и закономерностей, описание представленных на слайдах изображений и их интерпретация. Кроме обязательных заданий, студенты при разработке презентации могли включать в урок вопросы, которые, по их мнению, важно повторить и усвоить. Это даёт возможность преподавателю получить обратную связь и проанализировать материалы изучаемых тех с точки зрения их актуальности и востребованности студентами.

На итоговом занятии-презентации целесообразно присутствие специалистов в области дизайна, а именно преподавателей дисциплин, входящих в состав учебного плана занятий по предмету «Русский язык». Это обусловлено тем, что в ходе подготовки к итоговому занятию у студентов закономерно возникают вопросы, связанные не только с лексико-грамматической системой русского языка, но и с дисциплинами по их специальности, ответить на которые преподаватель-русист, в отличие от преподавателей Высшей школы креативной индустрии и дизайна, способных компетентно проконтролировать усвоенный студентами материал по специальности, иногда затрудняется.

Как показал опыт, проведение итогового занятия в форме интерактивной презентации для китайских студентов-дизайнеров является эффективным методом контроля усвоения материала по языку специальности. Такое занятие, представляющее собой, в какой-то степени, ролевую игру (так как студенты проводят его самостоятельно, без помощи преподавателей, находящихся на нём в роли зрителей), способствует заинтересованности студентов и позволяет нестандартным способом повторить весь материал, изученный в течение семестра.

Таким образом, обучение иностранных студентов направления подготовки «Промышленный дизайн» языку специальности представляет собой комплекс методических мероприятий, сочетающих в себе: изучение основной лексики и грамматических конструкций научного стиля речи; формирование навыков публичных выступлений и дискуссионных споров при разработке и защите дизайнерских курсовых проектов; а также знакомство с основными требованиями, предъявляемыми к работе дизайнеров в Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мотина Е.И. Язык и специальность: лингвометодические основы обучения русскому языку студентов-нефилологов / Е.И. Мотина. – 2-е изд., испр. – М.: Рус. яз., 1988. – 176 с.

2. Аросева Т.Е. Научный стиль речи: технический профиль / Т.Е. Аросева, Л.Г. Рогова, Н.Ф. Сафьянова. – М.: Русский язык. Курсы, 2015. – 311 с.

3. Зимняя И.А. Психология обучения неродному языку / И.А. Зимняя. – М.: Русский язык, 1989. – 219 с.

4. Зубов А.Г. Пропедевтика. Основы композиции / А.Г. Зубов. – СПб., изд-во Политех. ун-та, 2011. – 89 с.

5. Крючкова К.К. Композиция в дизайне. Организация плоскости. Формирование знаков. Учебно-методическое пособие / К.К. Крючкова. – Майкоп: Изд-во Магарин О.Г., 2014. – 425 с.

6. Никитина Т.А. Цветоведение и колористика. Основы теории и систематизации цвета. Учебное пособие / Т.А. Никитина. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2008. – 92 с.

7. Никитина Т.А. Цветоведение и колористика. Цвет в промышленном дизайне. Учебное пособие / Т.А. Никитина. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2009. – 144 с.

8. Гришель Р.П. Начертательная геометрия и инженерная графика / Р.П. Гришель. – Минск: БГУИР, 2014. – 96 с.

9. Жирных Б.Г. Начертательная геометрия: учебник. / Б.Г. Жирных, В.И. Серёгин, Ю.Э. Шарикян // Под общ. ред. В.И. Серегина – 1-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 168 с.

10. Красильникова Г.А. Начертательная геометрия и инженерная графика. Краткий курс лекций по начертательной геометрии: учебное пособие / Г.А. Красильникова, М.С. Кокорин, Н.С. Иванова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 87 с.

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА, ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ

УДК 330.3

Е.А. Авдуевская, О.С. Надежина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ В СТРАНЕ

Ни для кого не секрет, что переход к шестому технологическому укладу повлек за собой большие изменения во всех сферах жизнедеятельности общества. Использование новейших информационных технологий и внедрение инноваций в производственные процессы являются неотъемлемыми условиями в процессе перехода национальной экономики в формат «цифровой экономики» [1, 2]. В связи с этим, перед большинством развитых и частью развивающихся стран возникли «большие вызовы» в социальной, экономической, политической, научной сферах, которые потребовали быстрого реагирования. Так появились национальные программы и инициативы, призванные решить вопросы, связанные с производством, внедрением и использованием инноваций.

На сегодняшний день в Российской Федерации насчитывается три подобных программы: Национальная технологическая инициатива (НТИ), Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (СНТР), а также программа «Цифровая экономика».

В рамках реализации данных государственных программ, направленных на развитие цифровизации национальной экономики и повышения качества жизни населения страны, актуальной проблемой является выявление ключевых условий для развития научно-исследовательской среды, необходимой для обеспечения процесса перехода экономики на инновационный путь.

Учитывая тот факт, что результаты научно-исследовательской деятельности лежат в основе цифровизации экономики, *целью* данного исследования является выявление факторов, влияющих на развитие научно-исследовательской среды в контексте цифровизации экономики. Цель была достигнута путем решения следующих *задач*: выявить факторы, влияющие на патентную активность в различных странах, выбрать экзогенные переменные для построения регрессионной модели, построить модель, отражающую влияние данных факторов на «Количество патентных заявок (в тыс. шт.), поступивших от резидентов страны» и сделать выводы.

В качестве предмета исследования выступает патентная активность стран. Выбор данного показателя обуславливается несколькими причинами:

- во-первых, в статистическом сборнике, выпускаемом Высшей школой экономики с 2017 года, показатель «патентная активность в сфере ИКТ» является одним из индикаторов готовности России к цифровизации [3];
- во-вторых, данный показатель является наиболее видимым индикатором инновационной деятельности [4];
- в-третьих, по мнению авторов Архипова М.Ю., Карпов Е.С., исследовавших патентную активность в Росси и ряда развитых стран мира, в современных экономических условиях развитие рынка научных исследований и разработок имеет особое значение в связи с высокой степенью зависимости экономического роста от достижений науки [5].

Таким образом, выбор данного показателя, как патентная активность, определяется не только важностью с точки зрения реализации задач в рамках программы по цифровизации

экономики – «Цифровая экономика Российской Федерации», но и общемировой тенденцией к оценке уровня исследовательского потенциала.

Методика исследования включает в себя разработку спецификации и построение регрессионной модели, эндогенной переменной в которой выступает показатель «количество патентных заявок (в тыс. шт.), поступивших от резидентов страны». Исследование проводилось в период с 2005 по 2015 гг. по 35 странам:

- Страны Латинской Америки: Аргентина, Бразилия, Чили, Колумбия, Мексика;
- Европейские страны: Германия, Франция, Люксембург, Нидерланды, Великобритания, Норвегия, Дания, Эстония, Ирландия, Литва, Швеция, Польша, Румыния, Греция, Португалия, Бельгия, Чехия, Хорватия, Российская Федерация, Молдавия, Венгрия, Украина;
- Азиатские страны: Корея, Сингапур, Малайзия, Новая Зеландия, Таиланд;
- Тунис, Турция, Канада.

Результаты исследования. Важной частью любого регрессионного анализа является спецификация модели, в которая предполагает отбор и обоснование переменных. Спецификация модели базировалась на литературном обзоре по теме [4–6]. В качестве экзогенных переменных при построении модели авторы анализируемых источников предлагают использовать следующие показатели (см. табл. 1).

Таблица 1. Факторы, используемые для оценки влияния социально-экономических показателей на патентную активность

<table>
<tr><th colspan="2">Евенко, В.В. [6]</th><th>М.Ю. Архипова и Е.С. Карпов [5]</th></tr>
<tr><td>1 группа факторов</td><td>2 группа факторов</td><td>3 группа факторов</td></tr>
<tr><td rowspan="2">X_1 – количество исследователей, занимающихся научными исследованиями и разработками, в стране (на млн человек населения);</td><td>X_7 – ВВП на душу населения (в %);</td><td rowspan="2">X_1 – патенты на изобретения, полученные всеми резидентами страны, ед.;</td></tr>
<tr><td>X_8 – общая стоимость торгуемых на бирже акций (в % от ВВП);</td></tr>
<tr><td rowspan="2">X_2 – затраты на научные исследования и разработки (в % от ВВП);</td><td>X_9 – затраты на военные нужды (в % от всех расходов бюджета);</td><td rowspan="2">X_2 – количество исследователей, занимающихся научными исследованиями и разработками в стране, в расчете на 1000000 населения;</td></tr>
<tr><td>X_{10} – производство энергии (в тыс. тонн нефтяного эквивалента);</td></tr>
<tr><td>X_3 – экспорт высокотехнологичной продукции (млрд долл.);</td><td>X_{11} – коэффициент размера внутреннего рынка;</td><td>X_3 – экспорт высокотехнологичной продукции, млрд долларов;</td></tr>
<tr><td>X_4 – затраты на научные исследования и разработки (млрд долл.);</td><td>X_{12} – суммарный процент всех налогов, взимаемых с прибыли.</td><td>X_4 – затраты на научные исследования и разработки, млрд долларов;</td></tr>
<tr><td>X_5 – доля экспорта товаров, связанных с информационно-коммуникационными технологиями, в общем экспорте (в %);</td><td>Третья группа факторов была получена методом экспертных оценок и включила в себя:</td><td rowspan="6">X_5 – количество заявок на патент, поданных резидентами страны по процедуре PCT (Patent Cooperation Treaty), на 1000 населения.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">X_6 – количество пользователей Интернета (на 100 человек населения).</td><td>X_{13} – склонность фирм к тратам на исследования;</td></tr>
<tr><td>X_{14} – режим получения технологий (заимствование или проведение исследований);</td></tr>
<tr><td>X_{15} – использование иностранных инвестиций на исследования и прямой импорт технологий;</td></tr>
<tr><td>X_{16} – доступность венчурного капитала;</td></tr>
<tr><td>X_{17} – уровень защиты интеллектуальной собственности в стране.</td></tr>
</table>

Систематизируя выводы, полученные авторами вышеописанных исследований, можно сделать вывод, что на патентную активность в странах имеют наибольшее влияние количество исследователей, занимающихся научными исследованиями, экспорт высокотехнологической продукции, затраты на научные исследования и разработки, общая стоимость торгуемых на бирже акций, затраты на военные нужды, производство энергии и коэффициент размера внутреннего рынка. Для целей данного исследование были выбраны следующе экзогенные переменные:

X_1 – Фиксированные широкополосные подписки (на 100 человек);

X_2 – Налоги на доходы, прибыль и прирост капитала (% от выручки);

X_3 – Прямые иностранные инвестиции, чистый приток (% от ВВП);

X_4 – Расходы на исследования и разработки (% от ВВП);

X_5 – Научно–технические журнальные статьи (в тыс.);

X_6 – Сборы за использование интеллектуальной собственности, платежи, в текущих ценах (млн. долл. США);

X_7 – Количество исследователей в НИОКР (на тысячу человек);

X_8 – Индивидуальное использование Интерната, % от населения.

В процессе моделирования была выявлена необходимость изменения функциональной формы зависимой, и ряда независимых переменных. Данная процедура была необходима, для того чтобы обеспечить условие линейности, так как в регрессионной модели Y является линейной комбинацией X-ов. Также логарифмы снижают разброс значений переменных, что позволяет определить более точные оценки регрессии. В процессе построения регрессионной модели были произведены изменения функциональных форм переменных, а именно был взят натуральный логарифм от переменных «Количество патентных заявок (в тыс. шт.), поступивших от резидентов страны», «Научно-технические журнальные статьи (в тыс.)» и «Сборы за использование интеллектуальной собственности, платежи, в текущих ценах (млн. долл. США)».

Результаты анализа показали, что на натуральный логарифм показателя «Количество патентных заявок (в тыс. шт.), поступивших от резидентов страны» имеют влияние такие переменные, как научно-технические журнальные статьи, сборы за использование интеллектуальной собственности, платежи, в текущих ценах, расходы на исследования и разработки и налоги на доходы, прибыль и прирост капитала. Для всех, кроме показателя, характеризующего «налоги», наблюдается прямая взаимосвязь. Конечный вид модели имеет следующий вид:

$$lnY = -4.1351 + 0.9784 * lnX5 + 0.1125 * lnX6 + 0.3129 * X4 - 0.0209 * X2. \quad (1)$$

На основании построенной модели можно сделать выводы, что:

- при увеличении переменной «Научно-технические журнальные статьи» на 1% процент, Y увеличивается на 0,978%;
- при увеличении переменной «Сборы за использование интеллектуальной собственности, платежи, в текущих ценах (млн. долл. США)» на 1% процент, Y увеличивается на 0,113%;
- увеличение на 1 п.п. переменной «Расходы на исследования и разработки» приведет к увеличению Y на 31%;
- увеличение на 1 п.п. переменной «Налогов на доходы» приведет к снижению Y на 2%.

Выводы. Таким образом, мы можем предположить, что для улучшения научно-исследовательской среды в стране (в том числе и Российской Федерации) необходимо разрабатывать ряд мер, способствующих увеличению публикационной активности в научном сообществе, а также формировать механизм по поощрению работы высококвалифицированных кадров, занятых НИОКР. Также, на взгляд автора, для российской действительности актуальным остается вопрос развития региональной инфраструктуры [7], а

также институционной среды необходимой для повышения уровня подготовки высококвалифицированных специалистов, способных участвовать в научно-исследовательской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая экономика: глобальные тренды и практика российского бизнеса: доклад / Институт менеджмента инноваций. – Высшая школа экономики, 2018. – 121 с.

2. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы».

3. Насколько готова Россия к цифровому будущему. Институт Статистических исследований и экономики знаний [Электронный ресурс]. – URL: http://issek.hse.ru/digit_future.ru (дата доступа: 11.10.2019).

4. Земцов С.П., Бабурин В.Л., Баринова В.А. Оценка инновационного потенциала регионов. России // Креативная экономика. – 2015.

5. Архипова М.Ю., Карпов Е.С. Статистический анализ и прогнозирование показателей патентной активности России и ряда развитых стран мира. – Вопросы статистики. – 2014. – 6. – С. 66–71.

6. Евенко В.В. Изобретательская активность в инновационной деятельности: сравнительный анализ динамики патентования в условиях социально-экономических изменений / В.В. Евенко, М.М. Середа, В.В. Спасенников // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013. – № 3 (39). – С. 167–171.

7. Авдуевская Е.А. Анализ влияния цифровизации на формирование человеческого капитала в регионе (на примере северо-западного федерального округа) // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. Сборник трудов научно-практической и учебной конференции. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 351–355.

УДК 621.039.7

Д.Д. Вознесенская, В.А. Голубев, И.А. Лопырев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБРАЩЕНИЮ С РЗГ ПРИ ВЫВОДЕ АЭС ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

С 2018 года начат процесс вывода из эксплуатации энергоблоков с уран-графитовыми замедлителями типа реактор большой мощности канальный (РБМК) и энергетический графито-водный гетерогенный реактор канального типа на тепловых нейтронах с естественной циркуляцией, реализующий схему прямого цикла (ЭГП) в России. До 2035 года таких энергоблоков в РФ будет выведено 17 штук. При этом перед энергетической отраслью возникла задача: вывести и утилизировать замедлители из зоны реактора, состоящие из радиационно-загрязненного графита (РЗГ). Для решения этой проблемы множество НИИ проводят исследования для определения конкретных методик обращения с РЗГ. Данный вопрос стоит особенно остро по нескольким причинам: во-первых, наличие такого огромного количества (около 20000 т.) вещества с высоким уровнем ионизирующего излучения может представлять серьезную угрозу для населения окружающих населенных пунктов, в том числе, таких, как Санкт-Петербург; во-вторых, из-за наличия в составе РЗГ изотопа углерода с периодом распада в 5780 лет, стратегия укрытия энергоблока под саркофагом не представляется достаточно эффективной; в-третьих, сегодня не существует отработанной на практике технологии обращения с РЗГ.

Методы исследования. Для сбора исходных данных были применены методы абстрагирования и индукции. В процессе расчетов использовались статистические методы и математическое моделирование для решения задач, связанных с вычислением затрат на транспортировку и изготовление транспортных контейнеров. Далее были задействованы финансово-аналитические методы, такие как дисконтирование, факторный и горизонтальный анализ.

Цели и задачи. Основной целью исследования стала стоимостная оценка различных комплексов мероприятий по обращению с РЗГ для выявления наиболее экономически эффективного. Для структуризации процесса она была разделена на несколько задач: оценка затрат на производство транспортных контейнеров двух видов, расчет стоимости транспортировки при различных условиях, вычисление расходов на дезактивацию перед захоронением, подсчет итогового бюджета на все вышеперечисленные мероприятия и последующим вынесением решения о самом экономически эффективном наборе вариантов с указанием возможной экономии средств.

Предмет и объект. Объектом нашего исследования в данной статье является комплекс мероприятий по обращению с РЗГ. Предметом изучения стал поиск и составление различных вариантов, а также оценка проведения комплексных мероприятий по обращению с РЗГ.

Результаты. Чтобы оценить, какой вариант контейнера, метод транспортировки и способ обработки перед захоронением будет самым экономически эффективным, а также вычислить возможную экономию затрат, мы произвели следующие расчеты.

В первую очередь, была рассчитана стоимость изготовления контейнеров двух типов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) и из стали 10Х21Н5ТЛ. Себестоимость одного чугунного контейнера составила $1{,}52*10^6$ ₽, при затратах на материалы в $1{,}5*10^6$ ₽, расходах на сборку одного контейнера около $17*10^3$ ₽, а стального – $4{,}172*10^6$ ₽ при затратах на материалы $4{,}042*10^6$ ₽ и изготовление $130*10^3$ ₽. Итоговая экономия при производстве одного контейнера составила $2{,}651*10^6$ ₽, общая экономия – $397{,}7*10^6$ ₽ для парка в 150 контейнеров [1]. Полученные результаты приведены на рис. 1.

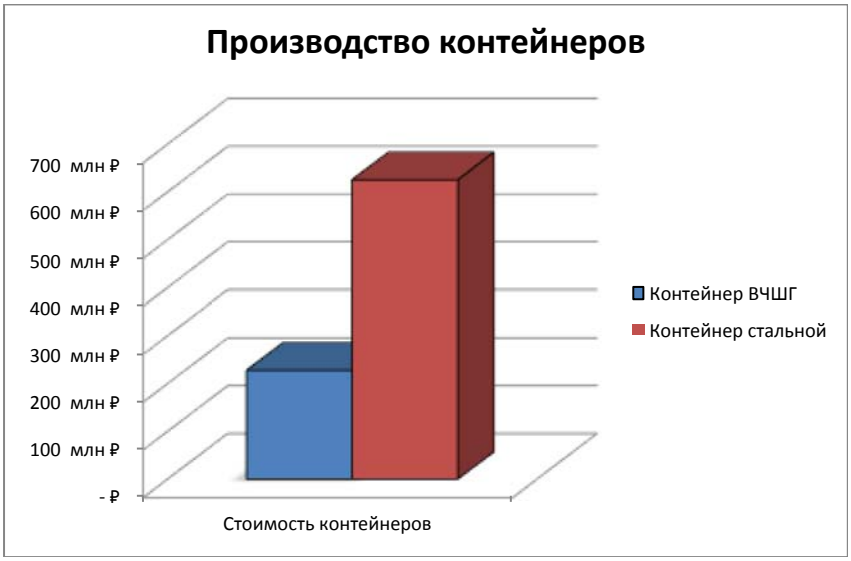


Рис. 1. Стоимость разных типов контейнеров

Далее нами были вычислены стоимости разных вариантов транспортировки от территории соответствующего энергоблока до места захоронения радиоактивных отходов под Красноярском, для этого были выбраны два способа, как наиболее подходящие по техническим требованиям. Первый способ – аренда вагонов у ОАО “РЖД”, второй – покупка

собственных вагонов и составление контракта с “РЖД” на их перевозку (рис. 2) [2]. Для наиболее точного сравнения были рассчитаны показатели для пяти- и двадцатилетней выдержки, с использованием коэффициента дисконтирования в 8% (ставка Банка России по бескупонным облигациям за аналогичный период) по обоим способам и, в итоге, в обоих случаях вариант с приобретением вагонов – самый выгодный. При 5 годах выдержки аренда вагонов обходится в $8{,}553*10^9$ ₽, оплата перевозок – $7{,}4*10^9$ ₽ экономия – $1{,}153*10^9$ ₽; при 20 годах выдержки: аренда вагонов – $26{,}865*10^9$ ₽, оплата перевозок – $22{,}731*10^9$ ₽ экономия – $4{,}133*10^9$ ₽.

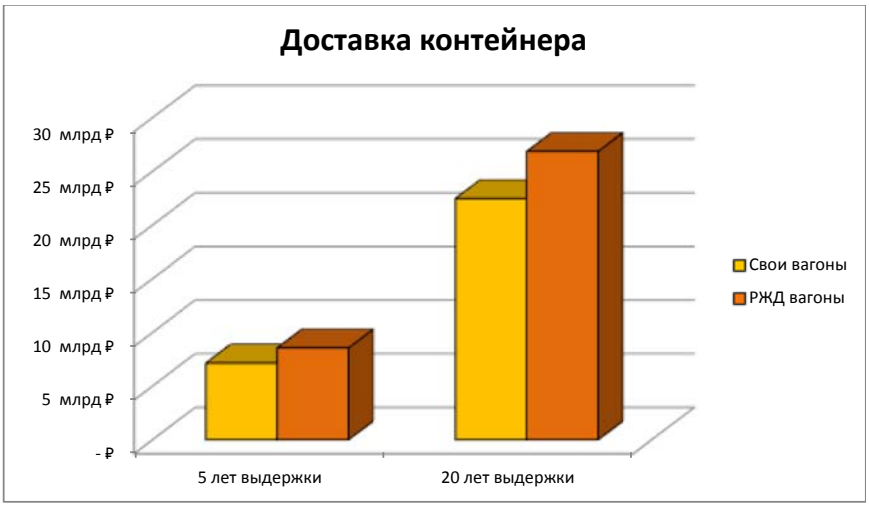


Рис. 2. Стоимость вариантов транспортировки контейнеров

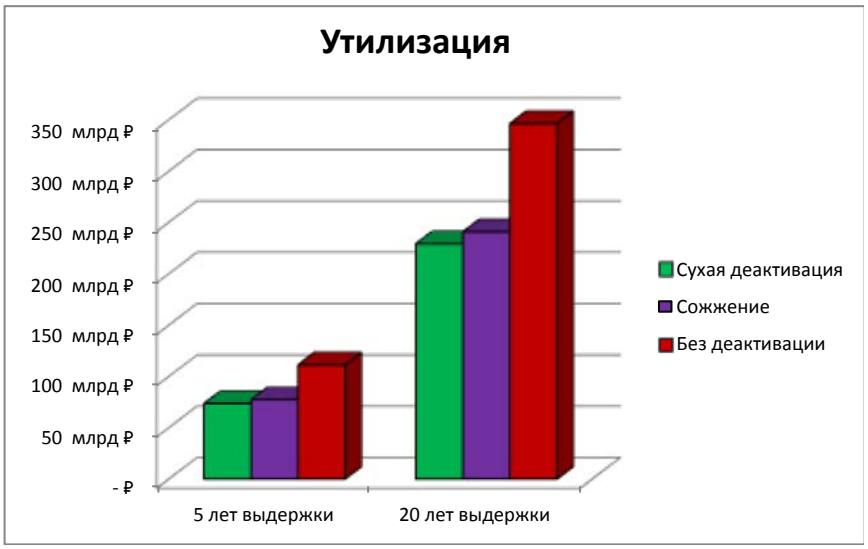


Рис. 3. Стоимость способов деактивации

После этого были рассмотрены возможности экономии средств на захоронении отходов при использовании разных видов дезактивации: для расчетов взяты способы сухой дезактивации, сжигания и захоронение без дополнительной обработки (рис. 3) [3]. Как и в предыдущем случае, расчеты произведены для выдержки в 5 и 20 лет, и самым выгодным в обоих случаях снова оказался один вариант – сухая деактивация. При 5 годах выдержки: без дезактивации – $111{,}295*10^9$ ₽, сухая дезактивация – $73{,}497*10^9$ ₽, сожжение – $77{,}247*10^9$ ₽; экономия при сухой дезактивации – $37{,}797*10^9$ ₽, при сожжении – $34{,}047*10^9$ ₽; при 20 годах выдержки: без дезактивации – $346{,}242*10^9$ ₽, сухая дезактивация – $229{,}118*10^9$ ₽, сожжение –

240,788*10^9 ₽; экономия при сухой дезактивации – 117,123*10^9 ₽, при сожжении – 105,453*10^9 ₽.

Таблица 1. Себестоимость комплекса мероприятий для повышения экономической эффективности обращения с РЗГ по статьям расходов с указанием возможной экономии

Показатель	Стоимость, млрд. руб.	Экономия, млрд. руб.
Себестоимость парка		
Контейнер стальной	0,626	–
Контейнер ВЧШГ	0,228	0,398
Логистика		
5 лет выдержки		
Аренда вагонов	8,553	–
Контракт на перевозку	7,4	1,153
20 лет выдержки		
Аренда вагонов	26,865	–
Контракт на перевозку	22,732	4,134
Переработка		
5 лет выдержки		
Без деактивации	111,296	–
Сухая деактивация	73,498	37,798
Сожжение	77,248	34,048
20 лет выдержки		
Без деактивации	346,242	–
Сухая деактивация	229,119	117,124
Сожжение	240,789	105,454
Итог		
5 лет выдержки	81,126	
20 лет выдержки	252,078	

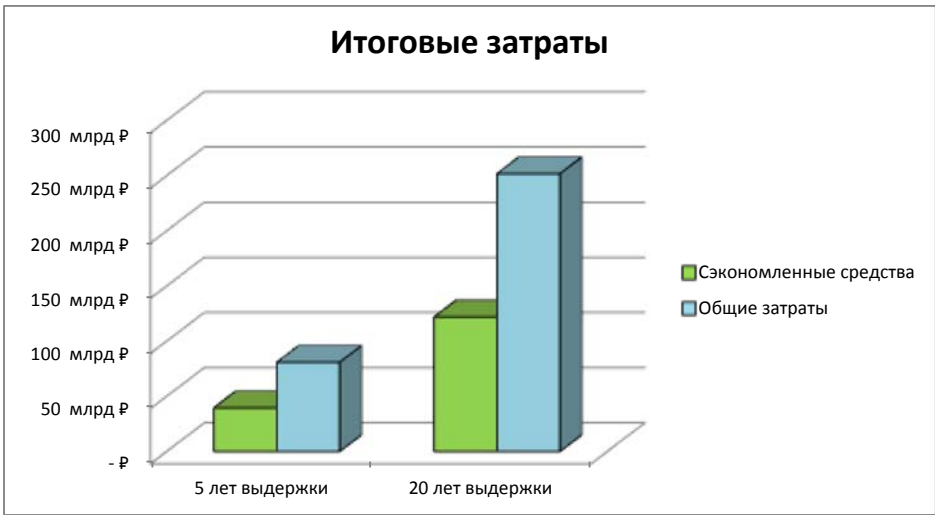


Рис. 4. Затраты и экономия

Выводы. Итогом наших расчётов стала таблица вариантов (табл. 1), которая наглядно отражает затраты на создание контейнеров, их перевозку и дезактивацию отходов при

использовании различных комбинаций представленных выше вариантов были построены графики при выдержке в 5 и 20 лет. По итогам наших расчетов можно сделать вывод, что самую высокую экономическую эффективность показывает комбинация из чугунного контейнера, перевозки в своих вагонах и сухой дезактивации перед захоронением.

Выбор этих вариантов позволяет сэкономить 81*10^6 руб. (48,5% общих затрат) на проект при выдержке 5 лет и 252*10^6 руб. (48% затрат) – при 20 годах выдержки (рис. 4) [4].

Таким образом, наш проект предполагает реализацию сразу на 2-х рынках:

1) рынке производства контейнеров ВЧШГ для перевозки РАО, в т.ч. и РЗГ;

2) рынке услуг по утилизации РЗГ, образующегося во время эксплуатации АЭС.

Конкуренция на рынках РФ на данный момент отсутствует, так как нет производителей, удовлетворяющих требованиям по безопасности перевозки подобных материалов. В дальнейшем при наладке производства контейнеров из ВЧШГ, возможен выход на мировой рынок подобных решений для перевозки веществ с высоким уровнем радиоактивной и биологической угрозы. Потенциальными потребителями зарубежного рынка могут выступить, к примеру, Германия, Франция или Великобритания, так как эти страны имеют свои собственные АЭС. Целевым же рынком сбыта являются такие компании, как РосАтом, и другие организации этой отрасли. Также, одним из перспективных потребителей таких услуг может стать Министерство обороны РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров Н.М. ВКР Обоснование конструкции контейнера для хранения и транспортировки радиоактивно загрязнённого графита уран-графитовых реакторов.

2. Сидоров Н.М., Новикова О.В., Ившин А.В. Численное моделирование в разработке биологической защиты контейнеров для обращения с облучённым графитом. VIII научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов атомной отрасли: «Повышение доли на международных рынках в условиях цифровой трансформации отрасли» (29 мая – 1 июня, Санкт-Петербург): Сборник тезисов. – СПб.: Медиапапир, изд-во ДЕПО, 2019, с. 182–183.

3. Харитонова Е.В. ВКР Технико-экономическая оценка методов дезактивации радиоактивно-загрязненного графита уран-графитовых реакторов.

4. Приказ от 28 декабря 2017 года N 1812/17. Об установлении тарифов на захоронение радиоактивных отходов классов 1, 2, 3, 4, 6 на период с 2018 по 2022 годы и тарифов на захоронение радиоактивных отходов класса 5 на 2018 год. Федеральная антимонопольная служба. Москва, 2018. – 4 с.

УДК 338.2

Д.О. Головина, С.С. Гутман
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНВЕСТИРОВАНИЕ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ КАК СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РОССИИ В БОРЬБЕ С БЕДНОСТЬЮ И ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Проблема бедности присуща всем странам без исключения и решение данной проблемы является повесткой дня таких международных организаций как ООН, Мировой Банк, Международная организация труда, ОЭСР и т.д. Основным институтом по борьбе с бедностью выступает Всемирный Банк, который указывает на следующее базовое условие нивелирования бедности и нищеты – стабильный инклюзивный рост и инвестирование в человеческий капитал. При инвестировании в человеческий капитал сегодня обеспечивается экономический рост в будущем, а, следовательно, и сокращается уровень бедности. Однако по причине получения экономических выгод от инвестирования в человеческий капитал через длительное

время, многие страны зачастую не вкладываются в человеческий капитал в должной степени и предпочитают скорее быструю отдачу, к примеру, инвестируя в инфраструктуру [1]. Тем не менее, несмотря на тот факт, что отдача от инвестиций в человеческий капитал возникает спустя довольно долгий период времени, оказываемое влияние на экономический рост стран, рост благосостояния и уровня жизни населения является определяющим и носит продолжительный характер.

Связь между инвестированием в человеческий капитал и искоренением бедности анализируется в работах многих как российских, так и зарубежных исследователей. Одним из наиболее известных экономистов, анализирующих данную проблему, является Гэри Беккер. Многие его работы были посвящены оценке экономической эффективности образования, в целом вопросам человеческого капитала. В его работе [2] отмечается, что ключевой детерминантой национальной продуктивности выступают именно образование, навыки и знания людей, их здоровье; уровень жизни населения стран определяется тем, как развиваются и используются эти умения. В данной работе представлена связь между инвестированием в ЧК и ростом занятости и доходов, снижением смертности населения, сокращением неравенства и бедности. Всё это говорит о необходимости систематических инвестиций в человеческий капитал с целью улучшения как социального, так и экономического положения стран.

В России по данным Росстата на 2018 год за национальной чертой бедности (прожиточным минимумом) проживало 18,9 млн человек, то есть около 13 % населения. Несмотря на общую тенденцию к сокращению уровня бедности, глубина бедности населения, выраженная дефицитом денежного дохода, возрастает [3]. Всё это говорит об актуальности проблемы бедности в России и о необходимости реализации мер по её снижению. Помимо осуществляемой государственной поддержки малоимущим в виде льгот и пособий, считающейся одной из наиболее очевидных методов сокращения уровня бедности, а также совместных инфраструктурных проектов стран БРИКС, в последние годы в России признаётся важность инвестирования в человеческий капитал.

Помимо бедности по причине безработицы, в РФ распространена бедность и среди работающего населения, так как в связи с постоянным техническим прогрессом меняется характер труда, а следовательно, и требования к квалификации и навыкам работников. Для решения данной проблемы необходимо, чтобы навыки работников соответствовали требованиям меняющегося рынка труда. В связи со всем выше перечисленным, человеческий капитал выступает одним из трёх направлений национальных проектов России 2019–2024 гг., на который в общей сложности выделяется 5,7 трлн рублей по 4 национальным проектам: «Здравоохранение» – 1725,8 млрд рублей, «Образование» – 784,5 млрд рублей, «Демография» – 3105,2 млрд рублей и «Культура» – 113,5 млрд рублей [4].

Цель данной работы: определить роль инвестирования в человеческий капитал в обеспечении экономического роста и сокращения бедности в России.

Задачи работы: привести определение человеческого капитала и способ его оценки; проанализировать связь между инвестированием в ЧК и снижением бедности; привести примеры оценки влияния человеческого капитала на рост экономики РФ на базе анализа научных публикаций; сделать выводы о роли инвестиций в человеческий капитал.

Методы исследования. Работа выполнена на основе методов анализа и синтеза информации. Метод анализа был использован для выделения необходимой информации из доступных источников. Метод синтеза был применён для обобщения проанализированной информации.

Результаты. В первую очередь необходимо дать определение понятию человеческий капитал. Человеческий капитал – это своего рода нематериальный актив, который включает в себя образование и квалификацию человека, его навыки и умения, здоровье, что в свою

очередь определяет продуктивность его работы и, с точки зрения макроэкономического подхода, является одним из производственных факторов, определяющих экономический рост [5]. С целью определения объёма человеческого капитала, который может быть накоплен к 18-ти годам у родившегося сегодня ребёнка, был разработан Индекс человеческого капитала (ИЧК), значение которого варьируется от 0 до 1. ИЧК состоит из трёх компонентов – выживаемости, ожидаемой продолжительности обучения в школе, скорректированной на результаты обучения, и состояния здоровья. К примеру, компонент «выживаемость» включает в себя такой показатель как вероятность выживания детей до 5-летнего возраста, и согласно данным Мирового Банка, в России данный показатель равен 0,99, что означает, что 99 из каждых 100 новорождённых в РФ доживут до 5 лет. Однако, что касается выживаемости взрослого населения в РФ, то данный показатель равен 0,78 – из 100 пятнадцатилетних россиян до 60-летнего возраста доживёт 78 человек [1]. В качестве примера для сравнения в табл. 1 приведены данные в целом по индексу человеческого капитала в странах БРИКС.

Как видно из табл. 1, самые низкие ИЧК у Южной Африки (0,41) и Индии (0,44). Данный индекс говорит о том, что производительность ребёнка, родившегося в 2018 году, к примеру, в Индии, в будущем будет на 56 % ниже потенциально возможной в случае получении полного курса образования и при полноценном здоровье. Этот показатель также говорит о том, что ВВП Индии на одного работника мог бы быть на 56 % выше, если бы в стране был достигнут уровень полноценного здоровья и полного курса обучения [1].

Таблица 1. Индекс человеческого капитала в странах БРИКС [6]

Страна	Human Capital Index (2018 год)
Бразилия	0,56
Россия	0,73
Индия	0,44
Китай	0,67
Южная Африка	0,41

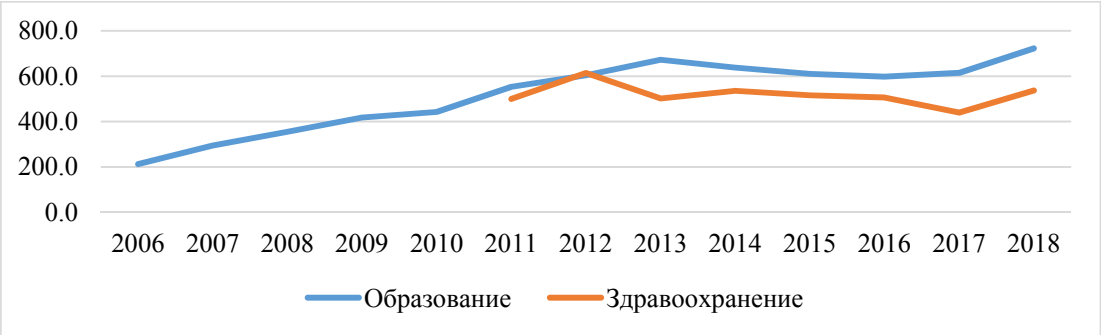


Рис. 1. Расходы бюджета РФ на образование и здравоохранение, млрд рублей [8]

Низкие показатели ИЧК должны стимулировать страны больше инвестировать в людей с целью увеличения их экономического потенциала. В России показатель ИЧК относительно высок, но тем не менее ниже потенциально возможного. В связи с признанием важности человеческого капитала как фактора экономического роста Центром стратегических разработок было предложено увеличить расходы бюджета РФ на здравоохранение и образование на 0,7 % и 0,8 % соответственно [7].

На рис. 1 представлены расходы на образование (2006–2018 гг.) и здравоохранение (2011–2018 гг.) в РФ. Как видно на графике, с 2017 года расходы на обе сферы возрастают, однако следует отметить тот факт, что их доля от ВВП незначительна и составляет около 3–4%. Более того, с 2011 по 2017 год доля расходов на образование и здравоохранения сокращалась.

Возвращаясь к вопросу влияния инвестирования в человеческий капитал как инструменту нивелирования бедности, следует обратить внимание на следующий момент. На мировом уровне уже давно признана необходимость оценки не только монетарной бедности, но также и немонетарной. Так как определение бедности только на основе простого монетарного подхода упускает множество факторов, характеризующих состояние бедности, разработан подход к определению Индекса многомерной бедности (ИМБ), который включает в себя 3 направления – здоровье, образование и жизненные стандарты. Инвестирование в человеческий капитал предполагает инвестирование в первые два направления, что уже говорит о прямой связи между инвестированием в ЧК и сокращением бедности. В России также признана необходимость расширения системы подходов к оценке бедности и расчёта данного показателя. Комплексное рассмотрение вышеприведённых индексов позволит оценивать последствия проводимой социально-экономической политики страны.

При оценке уровня бедности в стране общепринятым монетарным подходом предполагается оценка доходов населения и сравнение этих доходов с определённым установленным порогом (в России черта бедности носит название «прожиточного минимума»). Здесь также можно провести прямую связь с инвестированием ЧК и сокращением монетарной бедности. Многие экономисты эмпирически доказали разницу в доходах между людьми, получившими высшее образование и людьми без высшего образования. С учётом прямых затрат на обучение, а также упущенного дохода, не дополученного во время обучения, доходы людей с высшим образованием были значительно выше доходов людей без высшего образования. Систематическое инвестирование в ЧК призвано обеспечить как рост реальных доходов населения, так и сокращение неравенства в их распределении, что должно обеспечить сокращение монетарного уровня бедности.

Помимо всего вышеперечисленного, не стоит забывать о том, что инвестирование в ЧК – это один из основных факторов инклюзивного экономического роста, за счёт которого в целом улучшается благосостояние общества и происходит сокращение бедности.

Оценка влияния инвестиций в человеческий капитал на экономический рост представляет особый интерес, в связи с чем данный вопрос выступает предметом исследования многих научных публикаций [9, 10]. Авторами была определена количественная оценка вклада человеческого капитала в рост экономики регионов РФ за период с 1998 по 2003 гг., с 2007 по 2014 года соответственно. В работах, на базе модели экономического роста Мэнкью-Ромера-Уэйла (MRW) авторами статьи была доказана существенность роли человеческого капитала в экономическом росте России (см. табл. 2).

Таблица 2. Примеры оценки влияния инвестирования в ЧК из научных публикаций

1998–2003 гг.	2007–2014 гг.
Значение вклада: 10–20% (в зависимости от региона)	Значение вклада: >20%
ЧК выражен в качестве доли выпускников вузов в общей численности трудоспособного населения / инвестиции в ЧК	ЧК: доля персонала, занятой исследованиями и разработками в численности ЭОН / сумма затрат на НИОКР на одного работника, занятого научными исследованиями
Авторы: [9]	Авторы: [10]

В целом вопрос оценки экономической отдачи от человеческого капитала представляет собой сложную проблему по причине необходимости объёмной статистической базы для анализа. Зачастую для подобной оценки в качестве определяющего фактора рассматривается образование. Согласно некоторым исследованиям, норма отдачи от высшего образования составляет от 8% до 12%, при том, что средняя норма доходности от использования физического капитала как правило не превышает 4%. С точки зрения вклада образования в

прирост национального богатства в целом, то в данном случае вклад может составлять около 30% и выше.

Заключение. Таким образом, на основе всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что одним из определяющих факторов экономического роста и снижения бедности в РФ выступает инвестирование в человеческий капитал. В результате указа президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», где одними из основных целей выступают снижение уровня бедности в два раза, а также устойчивый рост реальных доходов населения, будут увеличены средства на борьбу с сердечно-сосудистыми и онкологическими заболеваниями, цифровизацией здравоохранения, цифровизацию учебников и постройку новых школ и общежитий и другое. Инвестиции в человеческий капитал с учётом иных проектов должны способствовать увеличению темпов экономического роста в РФ до 4 % в 2026–2030 годы [7]. Инвестирование в человеческий капитал стало для России стратегическим направлением для будущего экономического роста и снижения уровня бедности. По мере накопления человеческого капитала будет увеличиваться и отдача, за счёт роста производительности труда населения, за счёт идей и инноваций, снижения безработицы. Выгода от таких инвестиций превзойдёт по результативности выгоду, к примеру, от инвестиций в строительство дорог, однако только через большой промежуток времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект развития человеческого капитала // Группа Всемирного Банка. URL: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30498/33324RU.pdf?sequence=13&isAllowed=y (дата обращения: 11.10.2019).

2. Gary S. Becker. Human capital and poverty alleviation // Human resources deelopment and operations policy. – 1995. URL: http://documents.worldbank.org/curated/en/121791468764735830/pdf/multi0page.pdf (дата обращения: 11.10.2019).

3. Неравенство и бедность // Федеральная служба государственной статистики. URL: https://www.gks.ru/folder/13723 (дата обращения: 11.10.2019).

4. Национальные проекты: ключевые цели и ожидаемые результаты // Правительство России. URL: http://government.ru/projects/selection/741/35675/ (дата обращения: 11.10.2019).

5. Human capital // Investopedia. URL: https://www.investopedia.com/terms/h/humancapital.asp (дата обращения: 11.10.2019).

6. Human Capital Index and Components, 2018 // The World Bank. URL: https://www.worldbank.org/en/data/interactive/2018/10/18/human-capital-index-and-components-2018 (дата обращения: 12.10.2019).

7. Как и зачем власти собираются умножать человеческий капитал // Ведомости. URL: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2018/05/24/770536-umnozhat-chelovecheskii-kapital#galleries%2F140737494037280%2Fnormal%2F1 (дата обращения: 12.10.2019).

8. Ежегодная информация об исполнении федерального бюджета // официальный сайт Министерства финансов России. URL: https://www.minfin.ru/ru/statistics/fedbud/?id_65=80041&page_id=3847&popup=Y&area_id=65 (дата обращения: 12.10.2019).

9. Комарова А.В., Павшок О.В. Оценка вклада человеческого капитала в экономический рост регионов России (на основе модели Мэнкью – Ромера – Уэйла) // Вестник НГУ. Социально-экономические науки. – 2007. – Том 7, выпуск 3. – С. 191–201.

10. В.А. Хейнонен, К.В. Ефимова, Т.А. Иванова // Моделирование влияния человеческого капитала на экономический рост регионов России. URL: file:///C:/Users/HP/Desktop/Для%20статьи%20по%20ЧК/elibrary_26153271_63220193.pdf (дата обращения: 12.10.2019).

УДК 332.1

Д.А. Крыжко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Под устойчивым развитием региона понимают процесс наращивания социально-экономических преимуществ за счет обеспечения среды для внедрения инновационных решений в процесс производства, воспроизводства, последующего повышение конкурентоспособности предприятий и улучшения условий жизни населения на заданной территории. Достижение высокого уровня территориального инновационного развития возможно лишь благодаря формированию благоприятной среды для ведения бизнеса, в которой возникают условия для использования новых способов производства и обработки информации, доступных природных и финансовых ресурсов при одновременном снижении негативного влияния на окружающую среду. Новым вектором устойчивого развития территорий могут стать цифровые технологии, но для грамотной оценки их влияния на все стороны социально-экономической жизни региона необходимо разработать единую методику оценки уровня цифровизации, что обуславливает актуальность данной работы.

Методы исследования. В ходе исследования применялись следующие методы: обобщение, изучение литературы в области оценки уровня цифровизации, анализ и синтез.

Цель исследования – проанализировать методы оценки уровня цифровизации в условиях устойчивого развития регионов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить факторы, влияющие на устойчивое развитие регионов;
- рассмотреть существующие методики оценки уровня цифровизации и выявить основные параметры, по которым следует оценивать этот показатель;
- определить эффект от внедрения единой методики оценки уровня цифровизации.

Результаты исследования. Рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на устойчивое развитие регионов. Проанализированы существующие методики оценки уровня цифровизации. Даны рекомендации по созданию единой системы оценки уровня цифровизации в отношении выбора параметров оценивания.

Обеспечение устойчивого развития региона позволяет удовлетворить потребности предпринимательских структур, государства и населения в текущих условиях и на долгосрочную перспективу.

Существует ряд факторов, от которых зависит степень устойчивости развития территории [1]:

1. Условия, на которые нельзя повлиять (к ним относят климат, невозобновляемые природные ресурсы и т.д.).
2. Возможно частичное воздействие (возобновляемые природные активы).
3. Факторы, которые полностью зависят от проводимой региональной политики (степень конкурентной борьбы между производителями, сложившаяся ситуация на рынке труда, качество социальной инфраструктуры и т.д.).

Именно воздействие на третью группу факторов связано с обеспечением устойчивого развития, а одним из способов влияния может стать внедрение цифровых технологий, которые способствуют возникновению положительных эффектов относительно всех сторон социально-экономической жизни региона.

Исследователи используют несколько методик оценки уровня цифровизации, наиболее часто применяемые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Методики оценки уровня цифровизации [2]

Наименование	Основной принцип действия
Анализ индекса цифровой трансформации	10 критериев оценки, основанные на экспертных мнениях
Индекс цифровизации	24 параметра, которые характеризуют степень использования цифровых технологий в процессе жизнедеятельности граждан, работы государственных и предпринимательских структур
Индекс цифровой плотности	Степень цифровой грамотности населения и внедрения цифровых технологий
Индекс цифровой экономики общества	Распространение интернет-технологий Степень оцифровывания государственных услуг Степень развития человеческого капитала
e-intensity	Наличие системы доступа к цифровым решениям Вовлечение государства, граждан и бизнес-структур в цифровую деятельность Совокупные расходы на оцифровывание
Методология Сколково	Баланс спроса и предложения в разрезе оказания цифровых услуг
Индекс цифровой грамотности (РОЦИТ)	Оценка цифровых компетенций населения
Оценка готовности к внедрению цифровых технологий в экономику (DECA)	Цифровые и нецифровые факторы, а также анализ степени цифровой трансформации государственного и частного сектора

Для разработки эффективной методики оценки уровня цифровизации стоит обратить внимание на ключевые закономерности становления цифровой экономики, к которым относят:

- интегральный характер ведения бизнеса;
- виртуальный характер денежных отношений;
- персонификация потребностей населения и процесса воспроизводства товаров и услуг;
- электронная форма предоставления услуг;
- глобализация экономики за счет использования информационно-коммуникационной сети и т.д.

Данные закономерности определяют вектор работы всех секторов экономики и требуют создания единого информационного пространства для государственного управления и принятия решений, способствующих глобализации бизнеса. Совершенствование системы индикаторов цифровой экономики заключается в выявлении факторов, которые являются катализатором всего цифрового развития и повсеместно проникают в процессы управления, экономическую систему, жизнь общества. Такая особенность обосновывает важность соблюдения достоверности и прозрачности получаемых расчетных данных [3].

Разрабатываемая методика должна не только учитывать особенности развития цифровых технологий, но и факторы, которые мешают повсеместной цифровизации регионов и заключаются в следующем:

- низкий уровень цифровой грамотности трудовых ресурсов;
- недостаточная заинтересованность потенциальных инвесторов в финансировании региональных технологических проектов;
- кадровый дефицит;
- несогласованность между разными уровнями власти;
- существующие диспропорции в развитии регионов (например, недостаточная обеспеченность информационно-коммуникационной сетью и т.д.)

При определении системы показателей уровня цифрового развития стоит включить в ее состав частные и обобщающие показатели, позволяющие наиболее подробно оценить цифровизацию региональных структур относительно пространственных и временных параметров. Также следует определить уровень цифрового развития территорий, так как отдельные этапы становления цифровизации нуждаются в специфическом наборе параметров оценки. Так, на начальном этапе цифрового развития важно оценивать параметры готовности бизнеса, населения, государства к внедрению информационных решений, а также доступность средств связи. Второй этап цифровой трансформации подразумевает оценку интеграции цифровых инфраструктур и сервисов в экономику региона. На заключительном этапе запускается процесс становления единого национального цифрового пространства, которое генерирует комфортную среду для проникновения цифровизации во все сферы жизни, что в конечном итоге приводит к ускоренному экономическому росту [3].

В качестве параметров оценки уровня цифровизации рекомендуется рассматривать экономические и социальные аспекты, которые состоят из внедрения информационных решений в следующие сферы: образовательную (применение электронных и дистанционных методов обучения и т.д.), медицинского обслуживания (автоматизация сбора данных о пациентах, ускорение процесса диагностики и т.д.), предпринимательства (применение технологических и информационных решений при организации производства), государственного и муниципального управления (упрощение взаимодействия органов власти и населения за счет ускорения обработки информации на цифровых платформах, более быстрое получение государственных услуг, возможность сбора и анализа мнений граждан по благоустройству территорий, полученные через систему цифрового взаимодействия и т.д.), жилищно-коммунального хозяйства (автоматизация способов оплаты за коммунальные услуги и т.д.), товарных рынков, социальной защиты населения и условий деятельности на рынке труда [4].

Создание единой методики оценки уровня цифровизации регионов позволит:

- каждому региону получить индивидуальный отчет, в котором будут перечислены все слабые места цифрового развития и приоритетные направления деятельности;
- проанализировать эффективность реализации существующих программ по цифровизации и их влияние на уровень жизни населения, условия функционирования бизнес-процессов, степень развития человеческого капитала в рамках города, региона, федерального округа и страны;
- привлечь дополнительные финансовые средства, направленные на развитие цифровых проектов регионах за счет прозрачности полученных данных [5].

Выводы. Разработка единой системы оценки рейтинга по уровню цифровизации позволяет скоординировать работу всей инфраструктуры региона, что дает возможность оптимизировать работу по выполнению бюджетных заявок по цифровому развитию, сформировать ряд мероприятий по улучшению условий жизни населения, предпринимательского климата, а также привлекает дополнительные инвестиционные средства в регион. При разработке показателей следует опираться на существующие зарубежные методики, но адаптировать их под условия деятельности в регионах Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горлов К.Н., Ильичева М.В. Цифровизация как основа устойчивого развития региона: социально-политический и экономический аспекты // Известия ТулГУ. Гуманитарные науки. – 2018. – № 4.

2. Гвилия Н.А. Современные методики оценки уровня цифровизации интегрированных межкорпоративных логистических систем // РППЭ. – 2018. – № 8 (94).

3. Кузовкова Т.А., Салютина Т.Ю., Кухаренко Е.Г. Методические основы и результаты интегральной оценки цифрового развития экономики и общества // Век качества. – 2019. – № 3.

4. Батракова Л.Г. Развитие цифровой экономики в регионах России // Социально-политические исследования. – 2019. – № 1.

5. Александрова Т.В. Цифровое неравенство регионов России: причины, оценка, способы преодоления // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 8.

УДК 336

И.Н. Люкевич, П.Б. Чертес, А.И. Шмелева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БУДУЩЕЕ ДЕНЕГ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СТАНДАРТ

Современная мировая финансовая система характеризуется привязанностью всех валют в той или иной степени к доллару США. Однако не стоит забывать о том, что деньги сегодня – фиатные деньги, а значит, с 1971 года, после отмены «золотого стандарта», не подкреплены никакими ресурсами и не обеспечены в целом. Среди множества современных авторов, изучавших проблему будущего денег, отметим Чарльза Уилана, который в книге «Голые деньги» анализирует различные криптовалюты, а также И.Н. Люкевича, в своих исследованиях рассматривающего перспективы современной мировой валютной системы. Стоит полагать, что тема будущего денег на данный момент особенно актуальна в силу того, что ориентация валют на доллар не является перспективной, а стандарт SDR не может быть реализован в полной мере. Следовательно, назревает вопрос о том, что может быть достойной заменой сложившейся международной денежной системы. Существует несколько возможных путей ее трансформации: сохранение существующего (фактически долларового) стандарта, вытеснение криптовалютой наличных денег из оборота, введение энергетического стандарта и др. Мы сделаем акцент на последнем.

Целями данной работы являются краткий анализ современной мировой финансовой системы, в том числе ее возможные варианты развития и дальнейшего существования; рассмотрение энергетического стандарта и энергии в качестве допустимой замены SDR. Под энергетическим стандартом будем понимать денежную систему, при которой стандартом ценности для измерения и соизмерения денежных благ является единица энергии. *Задачами* же – утверждение того, что энергия и энергостандарт в действительности могут представлять вполне функционирующую систему, приемлемую к использованию.

Для решения поставленных задач были применены *методы* дедукции, индукции, синтеза, и другие способы, предназначенные для систематизации имеющейся информации, её аналитической обработки и интерпретации полученных результатов.

Результаты. Устойчивая финансовая система формируется с некой базы. Этой базой является инвариант прейскуранта – товар, участвующий в продуктообмене наравне с иными товарами и через который можно выразить цены всех товаров.

В прошлом товарное производство строилось на биогенной энергии – мускульной силе животных и человека. Инвариантом прейскуранта выступали зерно и скот, так как именно объемы производства зерновых культур и количество скота были тесно связаны с возможными объемами выпуска прочей продукции.

Затем товаром-эквивалентом на некоторое время стало золото, которое не укоренилось в силу ограниченности его запасов, а также нестабильности валют по отношению к нему.

Главная проблема сегодняшней экономики – отсутствие четко закрепленного инварианта прейскуранта. Вследствие такой неопределенности возникают неустойчивые курсы валют. Однако техногенная энергия способна стать тем инвариантом, через который

можно представить цены на все товары в экономике ввиду того, что машины и топливо после промышленного переворота выступают основной силой в производстве.

Почему именно энергия? Энергия является объективной и наиболее точной экономической первичной учетной категорией по следующей причине: любой готовый продукт – это цепочка добычи и переработки сырья. Все человеческие ресурсы изначально бесплатны, но в процессе добычи и последующего технологического цикла приобретают стоимость только исходя из расчетов затраченной на производство энергии. Помимо этого, энергия не может считаться рыночным товаром, так как не удовлетворяет ни одному из его свойств: она не может храниться на складе, не имеет товаров заменителей и не отличается качественными характеристиками [1], поэтому цены на энергию будут регулироваться государством в директивном порядке во избежание злоупотребления рынками. В то же время, спрос на энергию идет со стороны абсолютно различных секторов экономики, тогда как спрос на золото в основном обеспечивается ювелирной промышленностью, частично электротехнической и медициной. Поскольку создание денег – это создание энергии для запуска хозяйственных механизмов, единственный источник энергии для социума, то можно полагать, что измерение благ энергией, имеющейся у общества, весьма логично к использованию.

Нельзя не обратить внимание на неравномерность распределения активов и долгов между государствами. Условно можно разделить страны на две категории: «страны-производители» и «страны-потребители». *Первые* (Китай, Россия, Саудовская Аравия и т.д.) имеют возможность добывать ресурсы, в том числе энергоресурсы, и поставлять их *вторым*, которые вынуждены жить в «долг», приобретая ресурсы у первых. Важно выделить тот факт, что установленные последними странами валюты преимущественно резервные и составляют корзину SDR. Следовательно, торговля с использованием современных валютных курсов приводит к глобальному дисбалансу. «В среднесрочной перспективе из региональных стандартов мировая экономика выберет благо наиболее ликвидное, имеющее наиболее стабильную покупательную способность, составляющее конкуренцию SDR. <...> Теоретически одна денежная единица может представлять собой потенциальное требование на получение джоуля абстрактной глобальной энергии, учитываемой в мировом масштабе» [2]. Таким образом, в отличие от нефти, золота, которые являются исчерпаемыми, и валюты, обладающей свойством обесценивания, энергия – общая для всех. Кроме того, энергия будет существовать до тех пор, пока есть социум, который будет совершенствовать методы ее выработки с помощью технологий.

В обществе все чаще стал подниматься вопрос энергообеспеченности валют. Уже существует формула для будущего расчета энергетического стандарта обеспеченности валют: годовой объем производства/потребление энергии к объему средств платежа, находящихся в обращении. Далее возможно видоизменение предложенной формулы, однако идея связи с объёмом энергии останется прежней.

Рассмотрим механизм функционирования энергетического стандарта. Стоит отметить, что на сегодняшний день нельзя рассматривать ведение народной хозяйственной деятельности только на примере конкретной страны, поэтому введение энергетического стандарта вернее анализировать во взаимодействии нескольких государств. Тогда возможны несколько вариантов ведения мировой торговли: 1) валюта одного государства является мировой моновалютой, а значит гарантированы высокие эмиссионные доходы, т.к. выбранное государство будет обеспечено ресурсами других стран; 2) принимается общая валюта для нескольких стран, что влечет за собой ряд изменений в виде отказа от экономического суверенитета, так как придётся осуществлять надгосударственное управление обращения этой валюты; 3) будет создан фонд, участники которого вносят определённый денежный

депозит с учётом энергостандарта. Другие страны смогут выкупить часть валюты и войти на рынок [3].

Что мы получим? Во-первых, будет осуществлен строгий контроль над эмиссией в пределах непосредственно необходимых для экономики, что обеспечит регуляцию уровня инфляции. Во-вторых, введение энергостандарта позволит выявить реальное положение дел организации или экономики в целом с точки зрения бухгалтерской отчетности. Отсутствие плавающего курса валюты позволит вести объективный бухгалтерский учет. Наконец, после введения энергостандарта станет возможным вести долгосрочное планирование количества энергетических ресурсов и отслеживать динамику денежной массы, необходимой для обеспечения нужного уровня производства.

Выводы. Общество, вероятно, находится сейчас на стыке решения о продолжении/замене использования стандарта SDR, а также ориентации на USD. Так, например, кризисы 2000-х поставили под сомнение рациональность долларовой оценки ресурсов.

Для большей наглядности рассчитаем энергетический стандарт обеспеченности денежной единицы для некоторых стран. Данные для расчета: 1) объем производства энергии за 2018 [4]; 2) объем денежных средств в обращении [5–8]. Результаты можно видеть в табл. 1.

Таблица 1. Расчет энергетического стандарта обеспеченности денежной единицы

	Объем производства энергии, Mtoe*	Объем производства энергии, кВт*ч	Объем денежных средств в обращении, нац. вал	Объем денежных средств в обращении, USD	Энергетический стандарт обеспеченности денежной единицы, кВт*ч/нац. вал
США	2175	2,53*10^13	$ 1,67 трлн	$ 1,67 трлн	15,15
Китай	2534	2,95*10^13	¥ 7,4 трлн	$ 1,035 трлн	3,98
Россия	1492	1,74*10^13	9,673 трлн ₽	$ 153,8 млрд	1,79
Новая Зеландия	15	1,74*10^11	$ 6,1 млрд	$ 4,292 млрд	28,60
Mtoe* – мегатонна нефтяного эквивалента			**Все данные действительны на 2018 год		

Рассчитанный нами энергетический стандарт обеспеченности денежной единицы показывает, на какой объем энергии (кВт*ч) можно обменять единицу национальной валюты. Проводя оценку энергетической ценности существующих валют, становится понятно, что для многих стран ориентация на энергию будет более выгодной, чем на доллар:

Китай: 1 CNY = 1/7,14 USD (2018).

3,98 кВт*ч/CNY = 3,98*7,14 кВт*ч/USD = 28,4 кВт*ч/USD (>15,15 кВт*ч/USD).

Россия: 1 RUB = 1/62,9 USD (2018).

1,79 кВт*ч/RUB = 1,79*62,9 кВт*ч/USD = 112,6 кВт*ч/USD (>15,15 кВт*ч/USD).

Новая Зеландия: 1 NZD = 1/1,4 USD (2018).

28,6 кВт*ч/NZD = 28,6*1,4 кВт*ч/USD = 40,3 кВт*ч/USD (>15,15 кВт*ч/USD).

Проведем оценку энергетической ценности биткоина. Из-за большой динамики изменения курс BTC/USD возьмем как среднее арифметическое значение между наибольшим (4.1.2018 – BTC/USD=15136) и наименьшим (13.12.2018 – BTC/USD=3352) показателями => BTC/USD=9244 [9]. Результаты представлены в табл. 2.

Для лучшего понимания механизма работы энергетического стандарта представим, что у вас есть 100 рублей, которые вы можете обменять на количество энергии, равное

1,79*100=179 кВт*ч. Данную энергию вы также можете обменять на доллары – 179:15,15=11,8 USD. По такой схеме получится, что USD/RUB = 100/11,8=8,5.

Таблица 2. Оценка энергетической ценности биткоина

	Энергетический стандарт обеспеченности денежной единицы, кВт*ч/нац. вал	Энергетический стандарт обеспеченности денежной единицы, кВт*ч/USD	Энергетический стандарт обеспеченности денежной единицы, кВт*ч/BTC
США	15,15	15,15	140 046,6
Китай	3,98	28,4	262 529,6
Россия	1,79	112,6	1 040 874,4
Новая Зеландия	28,60	40,3	372 533,2
*Все данные действительны на 2018 год			

Таким образом, в статье проанализирована одна из альтернатив трансформации денежной системы. Можно предположить, что возможный сценарий развития денежной системы заключается в появлении энергетического денежного стандарта и обеспечении эмитируемых денежных единиц глобальной энергетикой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов В.А. Глобальное управление и человек. Как выйти из матрицы / В.А. Ефимов. – М.: ИГ «Весь», 2016.

2. Люкевич И.Н. Современная мировая валютная система / И.Н. Люкевич. – СПб.: Нестор-История, 2013.

3. Информационно-аналитический центр (ИАЦ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://inance.ru/2014/12/energostandart/ (Дата обращения: 06.10.2019).

4. Мировая энергетическая статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yearbook.enerdata.ru/ (Дата обращения: 07.10.2019).

5. Federal Reserve Board [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.federalreserve.gov/ (Дата обращения: 07.10.2019).

6. Сетевое издание «Вести. Экономика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vestifinance.ru/articles/119065 (Дата обращения: 07.10.2019).

7. Официальный сайт Центрального банка Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cbr.ru/ (Дата обращения: 07.10.2019).

8. Официальный сайт Reserve Bank of New Zealand [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rbnz.govt.nz/ (Дата обращения: 07.10.2019).

9. Официальный сайт информационного агентства «РБК» [Электронный ресурс]. – https://www.rbc.ru/crypto/currency/btcusd (Дата обращения: 06.12.2019).

УДК 351/354

А.М. Митрохина, А.И. Павский
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОАКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ НА ПРИМЕРЕ СОЦИАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Предоставление государственных и муниципальных услуг является одной из основных форм коммуникации населения и государства. Формат общения с внедрением

информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) начал меняться, стали вводиться информационные системы для уменьшения времени оказания услуг, применяются информационные ресурсы, с недавних пор возможно взаимодействие через социальные сети.

Все эти инструменты действительно упрощают взаимодействие, решают проблемы очередей и доступности государственных и муниципальных услуг, позволяют использовать передовые технологии на благо населения. Однако, сама форма предоставления государственных услуг в Российской Федерации коренным образом при внедрении ИКТ не поменялась. Чтобы проще понять, как новые технологии используются в Российской Федерации на самом деле, можно провести параллель с процессом внедрения электронного документооборота в органах исполнительной власти (ОИВ). При электронном документообороте в идеальной системе не должно существовать бумажных документов, все проходит в цифровом виде с применением электронной цифровой подписи и такой документ можно отправить куда угодно, он везде будет прочитан одинаково. На практике имеем то, что документ из ОИВа в ОИВ переходит электронно только при взаимной совместимости систем, а в некоторых ситуациях электронные документы дублируются печатными и/или печатаются из электронных версий для получения живой подписи. Фактически изменений нет, только добавление работы. Примерно также используются информационные системы при предоставлении государственных и муниципальных услуг: заявления остались, заполняются электронно и затем все так же печатаются и подаются в ОИВ, информационные системы есть, процессы настроены, но чиновник все равно вбивают данные из системы вручную и межведомственное взаимодействие зачастую происходит асинхронно.

Для решения проблемной ситуации предлагается рассмотреть принципиально новую форму предоставления государственных и муниципальных услуг, главным принципом которой является проактивный подход, т.е. предоставление услуги «наперед».

Цель работы – провести анализ эффективности проактивной модели к предоставлению услуг на примере государственной социальной помощи, сравнить с существующей моделью.

Результаты. Проактивная модель сейчас находится на стадии активной проработки и уже готовятся к реализации так называемые суперсервисы, которые основаны на данной модели. Суперсервис представляет из себя комплекс из нескольких государственных и муниципальных услуг, которые предоставляются совместно при наступлении определённого условия. Условием в контексте государства является жизненная ситуация, в которую попадает гражданин. В Российской Федерации уже существует программа по разработке суперсервисов в рамках федерального проекта «Цифровое государственное управление» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [1]. В программе условиями запуска комплексного предоставления услуг названы жизненные ситуации.

Ключевой задачей суперсервиса является предоставление всех необходимых государственных и муниципальных услуг человеку на основании уже имеющихся данных в разных системах по мере возникновения необходимости. Таким образом реализуется проактивность в виде того, что алгоритм на основании данных с определенной долей вероятности на основании действий гражданина будет понимать ситуацию и предлагать гражданину соответствующую услугу. Например, если гражданин при наступлении определенных условий приходит в Администрацию района для получения специализированного жилищного фонда, то по статистике Администрации с вероятностью 0,4 этому гражданину понадобится социальное обслуживание, следовательно, система может предложить данную услугу заранее, считав дополнительно влияющие факторы для увеличения вероятности положительного ответа.

Так как социальное обслуживание населения является одним из приоритетных направлений долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации,

анализ эффективности суперсервисной модели проводился именно в данной отрасли государственных услуг и функций [2].

Исходя из определения суперсервиса, была определена жизненная ситуация, в рамках которой будет оказываться комплекс государственных и муниципальных услуг с применением проактивной модели: потеря кормильцев. Был определен перечень государственных и муниципальных услуг, оказываемых данной категории граждан. Пример государственных услуг из перечня:

1. Ежемесячные денежные выплаты.

2. Единовременное денежное пособие и компенсация на покупку одежды, обуви, мягкого инвентаря и оборудования детям-сиротам и детям, оставшимся без попечения родителей.

3. Назначение и выплата социальной пенсии детям-сиротам и детям, оставшимся без попечения родителей.

4. Формирование списка детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, лиц из числа детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, которые подлежат обеспечению жилыми помещениями.

Всего перечень включает в себя 23 государственные услуги, оказываемых администрациями и комитетами Санкт-Петербурга. Для оценки эффективности предоставления данных услуг в рамках суперсервиса определены критерии эффективности: время получения услуги, удобство получения услуги и стоимостные затраты на предоставление услуги.

Для анализа критериев использовались инструменты процессного управления. Услуга рассматривалась как постоянный процесс, на входе которого был заявитель с документами, на выходе – заявитель с результатом. В рамках границ данного процесса рассматривались участвующие исполнители процесса, для этого строилась кросс-функциональная карта процесса (MIFA – material and information flow analysis), где учитывалась каждая итерация процесса с продолжительностью и ожиданиями. Общее время считается как сумма продолжительности и ожиданий каждой отдельной итерации. Каждая услуга имеет свой персональный показатель продолжительности, тем не менее, показатели отвечают заявленным в административных регламентах услуг. Для удобства восприятия информации и дальнейшего сравнения будут использованы медианные показатели. Так, медиана по времени на основании статистических данных Министерства экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития РФ) и на основании анализа административных регламентов предоставления услуг в Санкт-Петербурге составляет 10,8 рабочих дней.

Удобство получения услуги оценивалось на основании матрицы, представленной в табл. 1.

Каждую услугу необходимо оценить на предмет реестровости, проактивности, экстерриториальности, многканальности и возможности исключить участие человека в процессе.

Реестровость позволяет оценить возможность представления результата услуги в информационном реестре в виде реестровой записи в базе данных. Проактивность позволяет оценить возможность представления услуги наперед на основании других данных. Экстерриториальность позволяет оценить возможность предоставления услуги вне определённой территории (например, вне региона постоянной прописки). Многоканальность – оценка возможности получить услугу не только посредством личного приема, но и через портал гос. услуг и многофункциональный центр предоставления услуг (МФЦ). Межведомственность и принятие решения отражают возможность исключить участие человека в процессе формирования межведомственных запросов и в процессе принятия решения об оказании (отказе) в предоставлении услуги.

Таблица 1. Матрица оценки государственных услуг

Возможность достижения показателей целевой модели предоставления государственной услуги				Исключение участия человека в процессе направления межведомственных запросов и принятия решения при предоставлении услуг	
Реестровость	Проактивность	Экстерриториальность	Многоканальность	Межведомтсвенность	Принятие решения

На основании этих параметров услуга получала конечную оценку в отношении потенциала и удобства ее получения от 0 до 5. Средний показатель для 23 услуг составил 2,73.

Стоимостные затраты на предоставления услуги представляли из себя расчеты по обеспечению деятельности по предоставлению конкретной услуги по данным кросс-функциональных карт процессов. Каждая итерация совершается определенное количество времени, определенным исполнителем. За основу берется средняя заработная плата исполнителя и высчитывается стоимость работы исполнителя за 1 единицу времени данной итерации. Важно учитывать, что между интерациями проходят задержки и возникают дополнительные затраты: логистика, ожидания, брак и т.д. Данные затраты считаются по усредненным данным из открытых источников (например, стоимость бензина считалась по средней ставке за литр бензина с октановым числом 95 среди всех АЗС Санкт-Петербурга) с некоторыми допущениями, поскольку информация не является общедоступной.

По запросу в Комитет экономического развития и инвестиционной деятельности Ленинградской области была получена обоснованная стоимость предоставления одной любой услуги через МФЦ. Стоимость приема документов и направления их в соответствующий орган власти в Ленинградской области составляет 342 рубля. К данной стоимости суммируется работа самого органа власти и стоимость материалов. Так как данные об участниках процесса являются закрытыми, трудозатраты считались на основании данных об участвующих лицах, указанных в административных регламентах предоставления услуг. Средняя стоимость часа работы считалась на основании Указа Президента РФ от 25.07.2006 № 763 «О денежном содержании федеральных государственных гражданских служащих», а также на основании локальных нормативно-правовых актов органов исполнительной власти, так как в процессах участвуют не только федеральных служащие, но и региональные.

Результат расчетов представляет сумму стоимостей работ каждой итерации в процессе. Данные считались по всем услугам и высчитывалось медианное значение. По всем услугам, средние трудозатраты на предоставление только одной услуги из перечня по выбранной жизненной ситуации составляют 396,76 рублей. Суммарно, при использовании МФЦ одна услуга будет стоить 738,76 рублей. Нормируя это значение, получаем 567,76 рублей.

Итоговые расчеты на основании усредненных данных по кросс-функциональным картам процессов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Перечень оценок существующей модели

Вид показателя	Значение показателя
время получения услуги	10,8 рабочих дней
удобство получения услуги	2,73
стоимостные затраты на предоставление услуги	567,76 рублей

Внедрение суперсервиса подразумевает, что услуги оказывается автоматически или полуавтоматически, на освоении волеизъявления гражданина посредством электронного сервиса. То есть необходимы капитальные вложения на адаптацию имеющихся услуг в электронный вид и подключения их в единую межведомственную систему (в будущем – в облачную федеральную систему). Подобные исследования проводились внутри органов

исполнительной власти; по нашему запросу Ленинградская область представила обоснованную оценку, где говорится о сумме капитальных инвестиций в 83 млн рублей.

Оценка показателей носит вероятностный характер, тем не менее, данная оценка сопоставима с целевыми показателями по предоставлению услуг, установленными Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [3].

Время фактического получения результата услуги для суперсервиса соответствует времени получения ответа на запрос в системе межведомственного взаимодействия. Делается предположение, что время ответа на запрос в рамках информационного взаимодействия будет составлять не более 15 минут, поскольку все запросы будут проходить синхронно за счет интеграции всех АИС в одной федеральной системе, представляя из себя шину для цифровых данных. На основе анализа возможности автоматизации этих процессов, предполагается, что среднее время ожидания услуги будет не более 7 дней.

Удобство получения услуги при использовании данной модели должно составлять 5 по всем параметрам, так как предполагается, что гражданину не нужно посещать государственный орган с пакетом документов. В действительности данный параметр оценивается субъективно в среднем в 4,4 в силу децентрализованности информационных систем на всей территории РФ.

Расчет стоимости предоставления услуги представляет из себя трудозатраты по обеспечению работоспособности информационных систем, а также по документационному сопровождению услуг. На основании уже упомянутой методологии строились MIFA-карты будущих процессов (TO BE), как это должно быть. Медианным результатом стало значение стоимости одной услуги 74,15 рубля.

Усредненные данные по предоставлению одной услуги в рамках суперсервиса приведены в табл. 3.

Таблица 3. Перечень оценок суперсервиса

Вид показателя	Значение показателя
время получения услуги	До 7 дней
удобство получения услуги	4,4
стоимостные затраты на предоставление услуги	74,15 рубля

Таким образом, видна значительная разница между существующей моделью и проактивной моделью на примере суперсервиса. Значительно снижаются затраты на предоставление услуги за счет отсутствия человека в процессе, следовательно, снижаются влияющие факторы на процесс, и он становится более прозрачным по отношению к клиенту (гражданину). Показатель стоимости может объективно дать представление об эффективности такой формы предоставления услуг, так как даже с учетом глобальных инвестиций проект имеет внутреннюю окупаемость в течение 5 лет.

Интересно отметить, что проактивность может проявляться не только в рамках реализации суперсервиса, а также при реализации отдельных услуг. Проактивная модель должна применять в любом процессе, где возможно с высокой долей вероятности предсказать поведение гражданина. Ярким примером таких отдельных процессов являются услуги по регистрации. Например, регистрация транспортного средства (ТС). При покупке ТС гражданин обязан его зарегистрировать и приобрести полис ОСАГО. Если будет разработан инструментарий, за счет которого ОИВ сможет получить данные о покупке гражданином ТС, то будет возможным заранее предложить гражданину удобное время для регистрации приобретенного ТС, а также возможные коммерческие предложения, где можно оформить полис ОСАГО. Здесь реализуется не только проактивный подход, но и

клиентоориентированность органов власти по отношению к гражданину. Такие услуги не будут включены в суперсервисы, но легко могут использовать проактивную модель без необходимости многомиллионных инвестиций.

Таким образом, проактивная модель представляет новый взгляд на формат предоставления услуг, который значительно улучшит качество предоставления услуг, что было показано на примере суперсервиса в рамках предоставления комплекса услуг по социальному обслуживанию. Реализация на практике проактивных услуг и суперсервисов позволит не только эффективнее распоряжаться финансовыми ресурсами государства, но и значительно повысить клиентоориентированность, а также конкурентоспособность России на международной арене, поскольку опыта внедрения такой модели до сих пор нет ни в одном государстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суперсервисы и цифровая трансформация госуслуг // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/854/.

2. Тимошина Е.Н. Социальное обслуживание в системе государственной социальной политики России // Ученые записки российского государственного социального университета. 2011. № 4 (92). С. 18–25.

3. Целевые показатели предоставления государственных и муниципальных услуг // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/7-tselevyie-pokazateli.xlsx.

УДК 657.1.011.56

П.В. Отрубянникова, К.А. Ходосов, Н.Г. Викторова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЛАЧНАЯ БУХГАЛТЕРИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ НАЛОГОВ

В эпоху цифровых технологий вопрос автоматизации ведения бухгалтерского и налогового учета стоит как никогда остро, активно разрабатываются новые решения и способы организации сбора, обработки и хранения финансово-учетных данных. Одним из таких способов стали облачные профессиональные продукты [1].

Облачная бухгалтерия – перспективный сервис, плотно внедряющийся в жизнь предпринимателей и бухгалтеров, но вызывающий множество вопросов у пользователей [2]. Насколько обоснованно недоверие к облачным технологиям, какие плюсы способна принести данная технология – все это является ключевыми вопросами, поскольку их массовое внедрение в практику может в корне изменить процесс ведения бухгалтерского и налогового учета, равно как и полнейшую автоматизацию бухгалтерской финансовой и налоговой отчетности.

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа облачных и классических, уже освоенных, программ, выявление их сильных и слабых сторон с точки зрения планирования налогов налогоплательщиками и налоговыми органами. Были поставлены *задачи:* изучить положительные и отрицательные стороны программ (1С, Бухсофт и т.д.) и облачных бухгалтерских продуктов в целом, провести их анализ и систематизировать результаты анализа в форме таблицы; выявить преимущества и недостатки в наглядном представлении от использования облачных технологий для целей планирования налогов налоговыми органами и налогоплательщиками. Для достижения поставленной цели использовались следующие *методы* исследования: анализ, синтез.

Результаты. Согласно изученным источникам, в том числе трудам Елисеевой Е.А., Астаховой Е.Ю., Унщиковой Р.Т., Ипполитовой А.А, суть облачных технологий заключается в предоставлении пользователю доступа к программе в Интернете, что значительно уменьшает трудозатраты при осуществлении классических бухгалтерских и налоговых операций [2, 3]. Отличительной особенностью является то, что для работы бухгалтеру необходим лишь доступ в Интернет, поскольку вся требуемая информация хранится на удаленном сервере в «облаке» [3, 4]. Такое размещение данных на сегодняшний момент – новейшее достижение в бухгалтерско-налоговой практике.

Безусловно, финансово-учетная профессия требует принятия ответственных решений и соблюдения конфиденциальности, поэтому вопрос эффективности, а главное безопасности облачных программ, останавливает многих предпринимателей от внедрения облачных технологий в свою практику [2]. Однако в условиях современных темпов развития технологий такая медлительность, хоть и обоснованная, является непозволительной роскошью. Поэтому необходимо провести анализ сильных и слабых сторон каждой из программ и принять взвешенное решение о целесообразности перехода на «облачное» ведение бухгалтерского и налогового учета. Сравнительная характеристика двух подходов к ведению бухгалтерского учета представлена в табл. 1.

Как видно из табл. 1, преимуществом технологии является то, что услуга позволяет взаимодействовать с любым программным обеспечением и сайтом – прямо в окне браузера [5]. Это значит, что нет необходимости устанавливать обновление программы, все происходит автоматически [6]. Более того, сервис мобилен и позволяет войти в систему с любого устройства. Одним из основных преимуществ сервера является то, что при поломке оборудования информация не пострадает, а в случае потери её всегда можно восстановить. Доступ предоставляется только авторизированным пользователям, имеющим юридически оформленное разрешение, защита информации многоуровневая, что гарантирует надежную сохранность данных [6].

При этом есть и ряд недостатков: пусть и небольшая, но существующая вероятность взлома данных пользователя и утечки данных; если не сделан резерв данных, то при потере их будет невозможно восстановить, риск утечки данных клиентов в открытый доступ из-за ошибки в коде.

Следует отметить, что облачные технологии привносят новые перспективы не только в организацию и ведение бухгалтерского учета, но и в процессы планирования налогов. Автоматизированные облачные системы позволяют получать численные данные непосредственно из системы, а не из многочисленных электронных таблиц и облегчают решение множества задач, равно как и снижают риски возникновения ошибок и погрешностей в процессе переноса данных. Облачное решение создает налогоплательщикам возможность в реальном времени подавать налоговую отчетность, которую смогут оперативно контролировать налоговые органы [7]. Прозрачный распределенный реестр данных способен представить информацию на уровне вплоть до отдельных операций. Это позволяет налоговым органам проводить в реальном времени анализ сделок взаимозависимых сторон и оценивать приемлемость используемой ими модели трансфертного ценообразования. Сегодня налоговые ведомства строят проверочную работу на сборе данных о финансовых результатах за прошлые периоды и анализе прошлых операций. В новых условиях создается возможность регистрации в реальном масштабе времени сделок, расходов, активов и обязательств. По крайней мере, в теории открываются новые возможности, которые позволят уйти от ошибок и афер мошенников. В табл. 2 представлен сравнительный анализ использования облачных технологий с точки зрения налогоплательщика и налогового органа.

Таблица 1. Сравнительная характеристика облачных технологий и программного обеспечения, применяемых для учета

Тип ведения учета / Характе-ристика	Облачные технологии	Компьютерное программное обеспечение
Сервис	Интеграция с банком (онлайн обновление актуальной информации) Распознавание и сканирование накладных Импорт информации из других программ Таблицы отчетности и сверки с бюджетом Круглосуточная техподдержка Осуществление всех традиционных операций по работе с финансами, кадрами и контрагентами Электронный документооборот Электронная обновляемая нормативно-правовая база	Интеграция с банком (процесс обмена информации значительно медленнее) Затрудненный перенос информации из одной базы данных в другую Необходим компьютер с высокими характеристиками для полноценной успешной работы программы Возможность ведения количественного и многовалютного учета Функции сохранения резервной копии информации и режим сохранения в архиве текстовых документов
Возможности	Быстрое масштабирование при росте нагрузки Настройка сервиса на самостоятельный расчет налогов, создание счетов и заполнение деклараций Оплата только за использованные ресурсы (размер диска, время процессора, объем памяти)	Индивидуальная настройка программы под нужды и особенности предприятия Наличие комплекса локальных, но взаимосвязанных пакетов по отдельным участкам бухгалтерского учета Оплата за программный продукт, его установку и техническую поддержку
Мобильность	Доступ можно получить абсолютно с любого устройства в любой точке	Доступ только после входа в программу с компьютера
Угроза потери информации	Минимальна, так как все данные находятся в «облаке», которые легко восстанавливаются, если было проведено резервное копирование	При сбое работы программы возможна утеря части или всех данных, восстановление программы может занять длительное время
Доступ к программе	Только авторизированным пользователям	Только авторизированным пользователям
Управление	Осуществляется провайдером	Осуществляется администратором
Процесс работы	Сбои сведены к минимуму, поскольку вся информация находится в «облаке»	Возможны частые сбои и зависания программы из-за «перегрузки» информацией
Безопасность	Многоуровневая защита информации, двухуровневая аутентификация пользователя, шифрование данных. Риск взлома и кражи информации минимален при грамотном отношении к технологии	Данные могут быть украдены вместе с оборудованием Вероятность нарушения работы сервера, вызванного заносом вируса на компьютер, человеческим фактором, сбоем работы техники Внедрение систем безопасности значительно снижает риск, однако весьма дорогостояще

Таблица 2. Анализ преимуществ и недостатков облачных технологий с точки зрения налогового планирования

Показатель	Налоговый орган	Налогоплательщик
Преимущества	наличие объемного хранилища корректной информации; оперативное получение налогов с операций; упрощения процедуры надзора над уплатой налогов, имеющих отношение к транзакциям; прозрачный и упрощенный анализ сделок; возможность быстрого выявления налоговых махинаций	минимизация рисков возникновения ошибок и погрешностей в отчетности; возможность- подачи налоговой отчетности, в режиме реального времени, которую смогут оперативно контролировать налоговые органы; возможность подготовки отчетности в автоматическом режиме
Недостатки	сложность контроля резидентности и конфиденциальности данных, а также угроза утраты контроля над ними; возможность сбоя работы системы при слабом соединении к сети Интернет	невозможность осуществления налоговых махинаций с целью уменьшения размера выплачиваемых средств; возможность потери конфиденциальности данных; риск ошибки в системе

Выводы. Таким образом, можно с уверенностью сказать, что облачные технологии активно внедряются в экономическую деятельность субъектов и распространяются на рынке. Несмотря на резонное недоверие к сервису со стороны опытных пользователей, характеристики данной технологии явно превалируют над уже освоенными традиционными программами. Реалии бухгалтерского и налогового учета неизбежно трансформируют привычное «классическое» ведение учета, и чем раньше российский пользователь приспособится к изменениям, тем раньше экономика сможет сделать еще больший шаг вперед.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторова Н.Г. Онлайн-сервисы в налогообложении // Налоговая политика и практика. – 2011. – № 5-1 (101). – С. 19–24.

2. Унщикова Р.Т., Ипполитова А.А. Облачные интернет-технологии в инновационной бухгалтерии // Вестник КемГУ. – 2013. – № 4 (56). – Т. 2. – С. 194–197.

3. Елисеева Е.А. Сравнительная характеристика программ бухгалтерского учета // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2014 г.). – СПб.: Заневская площадь, 2014. – С. 155–158. – URL: https://moluch.ru/conf/econ/archive/131/6697/ (дата обращения: 27.09.2019).

4. Астахова Е.Ю., Кочетова М.М. Облачная бухгалтерия – бухгалтерия будущего // Учет.Анализ.Аудит. – 2015. – № 6. – URL: http://cyberleninka.ru/article/n/oblachnaya-buhgalteriya-buhgalteriya-buduschego (дата обращения: 29.09.2019).

5. Калимулина О.В. Традиционные формы и методы завоевания мирового рынка программного обеспечения уходят в прошлое // Российский внешнеэкономический вестник. – 2013. – № 1. – С. 99–104.

6. Гришина А.А., Кемаева С.А. Инновационные программы в области бухгалтерского учета // Universum: Экономика и юриспруденция: электрон. научн. журн. – 2018. – № 4(49). – URL: http:///7universum.com/ru/economy/archive/item/5696 (дата обращения: 08.10.2019).

7. Воловик Е. Перспективы налогообложения. Налоговое планирование перемещается в облако // Предпринимательство и право, информационно-аналитический портал. – URL: http://lexandbusiness.ru/view-article.php?id=8979 (Дата обращения: 27.09.2019).

УДК 33.662

А.А. Ильинский, М.А. Ильченко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОН ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

В настоящее время акцент геологоразведочных работ смещается в новые перспективные, но труднодоступные районы, характеризующиеся низкой геологической изученностью, неразвитой инфраструктурой, суровыми климатическими, горно-геологическими условиями ведения работ, а также высокой экологической уязвимостью (Восточная Сибирь, Дальний Восток, шельфы морей Северного Ледовитого и Тихого океана, Арктический шельф).

Освоение данных районов также осложняется недостаточными инвестициями и постоянным ростом стоимости на сейсморазведку и бурение. Особо остро стоит проблема недостоверности прогноза залежей нефти и газа на малоизученных территориях и акваториях, усугубленная низкой эффективностью сейсморазведочных работ при поиске сложно построенных ловушек, объектов, осложненных малоамплитудными поднятиям и ловушек неантиклинального типа. В этих условиях особую актуальность приобретает внедрение в практику нефтегазовых компаний так называемых дистанционных методов поисков месторождений к числу которых относится и технология лазерного зондирования нефте(газо)проявлений.

Целью исследования является анализ перспективных зон внедрения прорывной инновационной технологии дистанционного лазерного зондирования для обеспечения эффективного выявления перспективных нефтегазоносных зон и подготовки к разработке новых месторождений. Технология разработана при участии авторов и реализует запатентованные ими способы дистанционного поиска месторождений нефти и газа и экологического мониторинга нефтезагрязнений на территориях и акваториях Российской Федерации [1].

Научной основой применения лазерно-оптической технологии для мониторинга и обнаружения углеводородов является представление о наличии над залежами специфических ореолов рассеяния, формирующихся в результате диффузионно-фильтрационного массопереноса газообразных и парообразных углеводородов и их микропросачивании в перекрывающие отложения. Геохимические аномалии над залежами антиклинального типа характеризуются повышенным содержанием УВ по периферии антиклинальных структур и над их сводами (аномалии зонально-кольцевого типа). Над неантиклинальными залежами литолого-стратиграфического типа или тектонического типа – линейные аномалии УВ.

Технология основана на принципе комбинационного рассеивания и позволяет решить проблему обнаружения сверхмалых концентраций индикаторных углеводородов и их ассоциаций в воде или воздухе. Основой ее применения является перемещение летательного аппарата (вертолета либо самолета), судна или батискафа с установленным на нем аппаратурным комплексом «Лидаром», по сетке профилей над исследуемой территорией. При этом в автоматическом режиме происходит измерение концентрации молекул индикаторных углеводородных газов, с сохранением данных в компьютерном виде и отображением их на экране в реальном времени. В настоящее завершены опытно-конструкторские работы по разработке промышленных образцов аппаратно-программного комплекса. Разработаны следующие модификации аппаратно-программного комплекса:

- на воздушном носителе (самолет, вертолет, дрон) для геолого-геохимических аэропоисков месторождений нефти и газа (совместная разработка с Университетом ИТМО);

- на надводном и подводном носителях для дистанционной подводной разведки месторождений углеводородов, дистанционного мониторинга и экологического контроля состояния объектов добычи и переработки нефти, и газа (совместная разработка с ЦНИИ им. А.Н. Крылова).

Достигнутые результаты. Достигнутые в процессе опытной апробации характеристики зондирования в районе залегания УВ ресурсов: чувствительность – 0,01–0,02 ppm, (концентрация до 10–20 млрд-1); количество обнаруживаемых индикаторных УВ – не менее 3-х; измерение глубины нахождения протяженных объектов до 50 м; угол обзора в надир ±20°; пространственное разрешение – 0.15–3.0 м; вероятность достоверного распознавания УВ-индикаторов (в комплексе с сейсморазведкой) – 80%. Полученные предварительные результаты свидетельствуют о эффективности применения данной технологии в практике нефтегазовых компаний России и за рубежом.

Практическая ценность проведенного исследования определяется использованием лазерно-оптического метода зондирования, для высокоэффективного и оперативного изучения закономерностей распределения концентраций углеводородов в различных средах [2]. Настоящая программа составлена с целью анализа возможных областей применения технологии дистанционного лазерного зондирования приземного слоя атмосферы для аэропоиска залежей углеводородного сырья, их фазового состава, картирования пространственного расположения и границ. Результаты аэропоиска в комплексе с другими технологиями изучения геологических объектов разного порядка могут использоваться, в том числе, и для оптимизации расходов и планирования дальнейших дорогостоящих и трудоемких работ (рис. 1).



Рис. 1. Основные объекты и характеристики внедрения лазерно-оптической технологии для мониторинга и обнаружения углеводородов [3]

Организационная схемы внедрения технологии основаны на организации сканирования поверхности земли (предполагаемого места скопления углеводородов) лазерно-оптическим комплексом (лидар), установленным на беспилотнике. Лидар посылает сигнал и быстро (6–10 сек) распознает в приповерхностном слое атмосферы основные вещества-индикаторы, по количеству которых судят о близости нефтяного месторождения. Лазерное зондирование позволяет улавливать даже мельчайшую концентрацию молекул индикаторных углеводородных газов (метан, этан, пропан, бутан, пентан) и их ассоциаций в воздухе. В результате геологи получают карту (спектральный портрет) с концентрацией основных веществ. Если она превышена, значит, в этом месте нужно искать нефть [5].

В процессе проведенного геолого-экономического анализа установлено что лазерная технология не заменяет традиционные методы поиска нефти, а только дополняет их. Геологоразведка на поисковом этапе традиционно включает геофизические работы, аэромагнитную и гравиметрическую съемки, электроразведку и сейсморазведку. Лидарную съемку можно применять на разных стадиях геологоразведочных работ. Вероятность достоверного распознавания веществ-индикаторов в комплексе с сейсморазведкой – 80%.

Общая схема проводимых опытно-экспериментальных работ с применением лазерно-оптической технологии включает следующие основные этапы и их содержание:

1. Подготовительный этап. На подготовительном этапе решаются следующие основные задачи:

– согласование сторонами проектной документации с учетом всех требований по составу работ, сроков их исполнения, составу исполнителей и их обязанностей;

– подготовка к работе в условиях НАО аппаратурного комплекса ЛИДАР на период выполнения опытно-экспериментальных съемочных полетов;

– согласование с руководством авиапредприятия г. Нарьян-Мар сроков проведения летных работ, аренды вертолета МИ-8, отвечающего требованиям безопасности полетов при выполнении съемочных работ, назначении к полетам экипажа, имеющего соответствующий допуск; установочных чертежей на размещение и подключение к бортовой сети аппаратурного комплекса ЛИДАР с размещения на борту одного борт-оператора;

– подготовка полетных материалов для обеспечения рационального и безопасного выполнения съемочных полетов: выбор маршрутов подлета к эталонным и съемочным объектам, определение сети профилей над участками съемочных работ, определение отрезка контрольного маршрута, площадки базирования и дозаправки борта в период выполнения работ;

– монтаж аппаратурного комплекса на борт вертолета, его настройка и пробный запуск;

– испытательный облет вертолета после монтажа аппаратуры.

2. Полевой этап. Полевой этап является основным этапом опытно-экспериментальных работ и решает следующие задачи:

– вылет к месту базирования и съемка геохимического фона по маршруту движения;

– облет эталонного участка, определенного в подготовительный период по согласованию сторон (месторождение или проявление УВ, имеющее общее геологическое строение и геохимические характеристики с поисковыми участками работ или близкие к ним;

– выполнение съемочных полетов над участками работ в порядке, определенном требованиями «ЗАКАЗЧИКА», целесообразным проведением очередности испытаний и другими обстоятельствами, влияющими на весь ход опытно-экспериментальных работ;

– в начале каждого рабочего вылета и после съемки обязательным условием является прохождение отрезка контрольного профиля, выбранного в начале работ на маршруте подлета к съемочной площади и обеспечивающего контроль работы всех бортовых систем и аппаратурного комплекса ЛИДАР;

– экспресс анализ полученных данных и принятие решения об окончании опытно-экспериментальных работ или их продолжении по взаимному согласованию сторон.

3. Завершающий этап. Завершающий этап предусматривает решение следующих задач:

– демонтаж аппаратурного комплекса с борта вертолета и отгрузка аппаратурного комплекса в СПб;

– завершение полевых работ и подведение предварительных итогов с «ЗАКАЗЧИКОМ»;

– вылет сотрудников к основному месту работы в СПб.

4. Отчетный этап. Отчетный этап подводит окончательные итоги выполненных опытно-экспериментальных работ, формулирует и оформляет в соответствии с требованиями полученные результаты, разрабатывает рекомендации по внедрению в практику ГРР способа лазерного зондирования и аппаратурного комплекса ЛИДАР по поиску залежей УВ сырья, решая при этом следующие задачи:

– выполняется развернутая интерпретация полученных первичных данных, построение трехмерных моделей распределения индикаторных УВ в приземном слое атмосферы, построение карт геохимических аномалий, оценка достоверности полученных данных;

– проводится полная интерпретация полученных данных при помощи построения модели распределения УВ на исследуемых участках;

– выполняется оценка перспективности изучаемой территории, прогноз распределения и фазового состава залежей УВ, обобщаются рекомендации по освоению и дальнейшему изучению выделенных локальных объектов.

5. Окончательный этап. Окончательный этап необходим «ИСПОЛНИТЕЛЯМ» для подведения итогов выполненных опытно-экспериментальных работ в натурных условиях, формирования предварительных выводов о применимости и эффективности технологии лазерного зондирования приземного слоя атмосферы для поиска залежей УВ сырья методом комбинационного рассеяния с использованием аппаратурного комплекса ЛИДАР в условиях НАО и их дальнейшего совершенствования.

Выбор региональных и локальных объектов апробации технологии геолого-геохимических поисков месторождений нефти и газа планируется осуществлять в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. В пределах провинции выделены территории, перспективные для проведения лидарной съемки – территории опытнометодических работ (полигоны). Для данного этапа потребуется один прибор.

6. Этап внедрения. В первую очередь целесообразно проводить региональную съемку в пределах основных нефтегазоносных провинций: Западно-Сибирской, Тимано-Печорской, Волго-Уральской и др. Основными потребителями на данном этапе станут региональные органы государственной власти соответствующих областных центров. Внедрение технологии на региональном этапе ГРР позволит существенно повысить эффективность лицензирования и сделает стратегию вовлечения новых территорий в освоение более обоснованной. Необходимо отметить, что в зависимости от климатических и геологических условий, прибор требует перенастройки и калибровки, в связи с чем, для больших по площади провинций целесообразно приобретение двух приборов. Из чего следует, что на данном этапе емкость рынка составит от 12 до 18 приборов.

Заключение. Промышленное внедрение аппаратно-программного комплекса будет проводиться в два этапа. На первом этапе «Апробация» будут осуществлены полевые работы с целью доработки технологии геолого-геохимических поисков месторождений нефти и газа. В настоящее время подписано соглашение о научно-техническом сотрудничестве между ООО «НК Восток НАО» и ВНИГРИ о проведении опытно-экспериментальных работ по поиску проявлений УВ с использованием АПК «Лидар».

На этапе «Промышленного внедрения» целесообразно проведение ОКР по доработке технической документации, организации промышленного мелкосерийного производства и внедрения аппаратно-программного комплекса.

Потенциальными потребителями технологии являются нефтегазовые компании, выполняющие работы по изучению, проектированию и разработке запасов месторождений УВ, в частности компании оперирующие в малоизученных и треднодоступных регионах России, а именно: (ОАО «Газпром» («Ямбурггаздобыча», «Уренгойгазпром», «Надымгазпром», «Тюментрансгаз», объекты на полуострове Ямал), ОАО «Самотлорнефтегаз», ОАО «Славнефть-Мегиннефтегаз», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Сибнефть», ЗАО «Ванкорнефть», ООО «Газпром добыча Красноярск», ООО «Славнефть Красноярскнефтегаз», ООО «Харьяга», ОАО «Лукойл-Коми» и др.; а также зарубежные нефтегазодобывающие компании – British Petroleum, Shell, Texaco и т.д.

Разработка и внедрение инновационного лазерно-оптического комплекса для дистанционного поиска месторождений нефти и газа на основе лидарного метода с использованием спонтанного комбинационного рассеяния позволит модернизировать существующие технологии поисков, существенно нарастить темпы региональных и поисково-разведочных работ, повысить точность прогнозирования и достоверность получаемой информации, а также обеспечить эффективность геологического картирования и оперативного наращивания массивов геолого-химических данных для осуществления выбора первоочередных объектов проведения исследований и объективной оценки необходимых объемов работ по выявленным объектам, с целью повышения эффективности ГРР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский А.А., Митасов В.И. Методические основы применения аппаратного (лидарного) комплекса при аэропоиске и экологическом мониторинге месторождений углеводородов. – Сб. науч. статей ФГУП "ВНИГРИ". – СПб.: ФГУП "ВНИГРИ", 2014. – С. 336–343.

2. Богословский С.А., Жевлаков А.П., Ильинский А.А. Метод аэропоиска нефтегазовых месторождений на основе дистанционной лазерной спектроскопии. – Сб. докладов // III Международная конф. Росгео. – СПб.: ВНИГРИ, 2013.

3. Отчет о научно-исследовательской работе по договору №5013 МПР РФ от 17.10.2011 «Исследование технологии и разработка методических основ применения метода лазерного ондирования при аэропоиске месторождений углеводородов», Ответственный исполнитель: А.А. Ильинский. – Фонды ВНИГРИ, 2013. – 386 с.

4. A. Ilinskiy, V. Bespalov, S. Bogoslovsk, V. Elizarov, A. Zhevlakov. Hydrocarbon halo-laser spectroscopy for oil exploration needs. In SPIE Photonics Europe. – International Society for Optics and Photonics. 2014. – http://dx.doi.org/10.1117/12.2052165.

УДК 339.138

Д. Юрковлянец, М.М. Симчук, А.И. Климин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНСТРУМЕНТЫ BLUE OCEAN STRATEGY ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТАРТАПОВ

По данным исследования «Стартап-барометр 2018» треть российских стартапов (33%) еще не имеют продаж, 22% стартапов имеют выручку не более 1 млн руб. в год [1]. При опросе основателей данных стартапов выяснилось, что 67% из респондентов всего лишь копируют и улучшают уже работающие российские и зарубежные бизнес-модели, 5% не создают ничего инновационного, и только 19% считают свой продукт не имеющим аналогов в мире.

В таких условиях особенно остро встает проблема создания инновационного продукта, который будет пользоваться спросом у потребителей и потому приносить высокий доход

стартапу. Бизнес-модель, разработанная на основе стратегии голубого океана, помогает превратить идею в коммерчески привлекательное для компании инвесторов предложение, подкрепленное исследованиями с использованием аналитических инструментов.

По результатам исследований основателей стратегии голубого океана, на долю бизнес-начинаний среди 108 компаний, ориентированных на алый океан, приходится лишь 39% от получаемой суммарной прибыли, а на долю ориентированных на голубой океан – 61% [2].

Цели и задачи исследования. Целью данного исследования является разбор основных принципов, этапов построения стратегии голубого океана и оценка эффективности применения стратегии на примерах реальных стартапов – сети отелей CitizenM и антикафе «Циферблат».

Методы исследования. В ходе исследования использовались такие методы, как анализ и синтез теории разработки стратегии голубого океана, описательный метод.

Результаты проведенного исследования. Стратегия голубого океана – стратегия создания свободных ниш на существующих рынках, основанная на инновации ценности. Компании, застрявшие в алом океане, следуют традиционному подходу, стремясь победить конкурентов и занять для этого удобную для защиты позицию в рамках сложившихся в отрасли порядков [3].

Создание свободной от конкуренции ниши требует творческого подхода. При этом переход к голубому океану может оказаться трудным делом для тех стартапов, которые утратили связь с реалиями рынка и потребительским опытом, предпочтениями клиентов. Рассмотрим основные этапы создания стратегии голубого океана:

Этап 1 – Определение текущего положения дел в отрасли. Основная цель этапа – критически оценить текущее предложение в отрасли, это поможет создать инновационный продукт, который наилучшим образом удовлетворит потребности целевой аудитории.

На данном этапе команда проводит анализ конкурентов с помощью стратегической канвы текущего положения дел в отрасли (The As-Is Strategy Canvas). Стратегическая канва – это визуальный инструмент, который позволяет оценить предложение основных конкурентов. На горизонтальной оси канвы отмечают основные факторы конкуренции в отрасли, на вертикальной – уровень предложения выбранных конкурентов по каждому фактору.

Порядок действий при построении стратегической канвы:

1. Выбор ключевых игроков отрасли. На эту роль подходят лидеры отрасли, стратегический профиль которых служит эталоном для других участников.

2. Выбор ключевых факторов конкуренции – не менее 5 и не более 12. Факторы описываются с точки зрения потребителей.

3. Определение уровня предложения конкурентов (от низкого до высокого). Далее соединяем точки уровней предложений и получаем стратегические профили конкурентов.

В результате первого этапа команда стартапа будет иметь представление о текущем предложении лидеров и факторах конкуренции в данной отрасли.

Этап 2 – Создание картины возможного. Стартапу следует проанализировать целевую аудиторию отрасли и высвободить скрытый спрос. Для этого применяются последовательно два инструмента – карта потребительской полезности (Buyer Utility Map) и модель трех ярусов «неклиентов» (Three Tiers of Noncustomers).

Карта потребительской полезности отражает опыт взаимодействия клиентов с продуктом, раскрывает проблемы, которая отрасль не смогла решить.

Процесс применения карты потребительской полезности:

1. Анализ покупательского цикла. В стратегии голубого океана стандартно выделяют шесть последовательных этапов: покупка, доставка, использование, дополнительные продукты и услуги, обслуживание и утилизация. Этапы покупательского цикла размещаются горизонтально в верхней части карты.

2. Исследование пересечений этапов покупательского цикла с шестью рычагами полезности. В стратегии голубого океана выделяют следующие рычаги полезности: потребительская продуктивность, простота, снижение риска, развлечение и имидж, экологичность. В карте отмечаются болевые точки с пояснением их возникновения и ниши полезности, на которые сейчас ориентирована отрасль.

В результате применения данного инструмента команда обращает свое внимание на пользовательский опыт и предпочтения клиентов. Определение болевых точек позволяет учесть их в разработке стратегии, продукта и удовлетворить скрытый спрос.

Модель трех ярусов «неклиентов» наглядно показывает скрытый спрос. Полученная ранее информация о болевых точках позволит определить свою целевую аудиторию, которую не удовлетворяет текущее предложение в отрасли.

Применение модели трех ярусов «неклиентов»:

1. Первый ярус – «Будущие неклиенты». «Неклиенты» первого яруса находятся на границе отрасли, готовы в любой момент ее покинуть, если им предоставят более привлекательную альтернативу.

2. Второй ярус – «Неклиенты-отказники». Эти люди рассматривают возможность воспользоваться предложением отрасли, но затем принимают решение не делать этого.

3. Третий ярус – «Неизученные неклиенты». Они находятся на далеких от рассматриваемой отрасли рынках, обычно никогда не рассматривали вариант покупки продукта/услуги данной отрасли.

Таким образом, потенциал совокупного спроса определяется не только существующими клиентами отрасли, но и «неклиентами» трех ярусов. Команда стартапа выбирает «неклиентов», на которых будет ориентирован продукт/услуга, затем продолжает глубинно исследовать поведение этих людей, причины их отнесения к данному ярусу.

По итогам второго этапа стартап определит свою целевую аудиторию, а также ценность, которую он должен им предложить.

Этап 3 – Поиск способов достижения цели. На данном этапе пересматриваются общепринятые рамки стратегии, модель шести подходов (Six Paths Framework) помогает стартапу реконструировать границы рынка. В результате стартап должен по-новому взглянуть на рынок и увидеть ту ценность, которую не видят конкуренты.

Выделяют следующие шесть подходов:

1. Рассмотрение альтернативных отраслей. Данный подход поможет понять причину потребительского выбора альтернативного продукта/услуги.

2. Рассмотрение стратегических групп в пределах отрасли. Команде стартапа нужно понять, почему потребители предпочитают приобретать товар или услуг у той или иной компании из одной отрасли.

3. Анализ группы? Участвующей в процессе покупки, и ее переопределение. Данный подход способствует определению проблем, с которыми сталкиваются участники процесса принятия решения о покупке, приобретения и потребления продукта.

4. Рассмотрение дополнительных продуктов и услуг. Стартапу следует определить, что в целом представляет собой решение, которое стремится найти покупатель при выборе продукта.

5. Анализ функциональной и эмоциональной привлекательности отрасли для покупателей. Под функциональной привлекательностью понимается конкуренция по цене и функциям, а под эмоциональной – конкуренция, которая опирается на чувства покупателей.

6. Всмотреться в завтрашний день, сформировать внешние тенденции, оказывающие решающее влияние на отрасль. Основная задача данного подхода – смещение фокуса с адаптации к внешним тенденциям на их самостоятельное формирование.

Авторами статьи также предлагается седьмой подход к реконструированию границ рынков – анализ развития голубых океанов в других отраслях (Benchmarking BOS).

7. Бенчмаркинг Blue Ocean Strategy – изучение опыта применения стратегии другими компаниями и применение передовых практики в своей стратегии.

В результате применения выбранных подходов компания преобразует информацию о потребностях клиентах в стратегию, для этого используют модель (решетку) четырех действий «Упразднить – Снизить – Повысить – Создать» (Eliminate-Reduce-Raise-Create Grid). С помощью этой модели команда перераспределяет ресурсы между факторами конкуренции в отрасли, а также создает новые. Основной принцип – упразднить или снизить расходы на те факторы, которые не повышают ценности продукта для потребителя, повысить расходы или создать новое предложение по тем факторам, которые оказывают решающее воздействие на совершение клиентом покупки.

Этап 4 – Реализация стратегического хода. В результате применения стратегии голубого океана стратегический профиль стартапа должен отличаться от стратегических профилей основных конкурентов целевой отрасли.

После утверждения стратегии стартап разрабатывает минимально жизнеспособный продукт, по результатам тестирования создает полноценный продукт и выводит его на рынок. На стартапы, предлагающие продукты с инновацией ценности, не влияют жесткие условия конкуренции, так как они предлагают совершенно другой уровень предложения.

Однако, голубой океан может превратиться в алый, если конкуренты подхватят и будут реализовывать ту же бизнес-модель. Необходимо следить за тем, чтобы предложение удовлетворяло и дальше потребностям клиентов наилучшим образом.

Кейс Антикафе «Циферблат». Первое антикафе было создано в 2011 году в Москве. Проанализировав отрасль общественного питания, команда определила типичные для отрасли факторы конкуренции – качество еды, цены, дополнительные услуги [4].

Следующим этапом была определена целевая аудитория – «будущие неклиенты», которых не устраивало текущее предложение на рынке, а именно семьи с детьми, школьники/студенты и фрилансеры.

Команда провела интервью с «будущими неклиентами», в ходе которого выяснила потребности аудитории:

1. Возможность много времени провести в большой компании – пообщаться, поиграть в настольные игры и при этом не ощущать давления со стороны персонала, потребности приобретать еду, которая не нужна.

2. Удобное местоположение, высокоскоростной Wi-Fi и располагающая к работе и отдыху обстановка.

3. Для семей особенно важно было провести время с детьми – иметь возможность играть с ними, без осуждения со стороны других посетителей и необходимости отправлять их в детскую игровую комнату.

На основе полученных результатов команда перераспределила денежные средства между факторами конкуренции. На рис. 1 изображена стратегическая канва «Циферблат» на момент выхода на рынок в 2011 году.

Результатом стало создание новой ниши на рынке общественного питания и досуга. «Циферблат» ввел оплату за время, проведенное в кафе, включил сладости и чай/кофе в неограниченном количестве для посетителей, а также возможность приносить с собой еду. За счет этого сократился персонал на 85% (по сравнению с отраслью), пропала необходимость в техническом оснащении кухни, освободились денежные средства [4].

Это позволило более рационально использовать освободившееся пространство под зоны для отдыха, работы, закупить большой ассортимент игр, удобную мебель, оборудовать помещение высокоскоростным Wi-Fi.

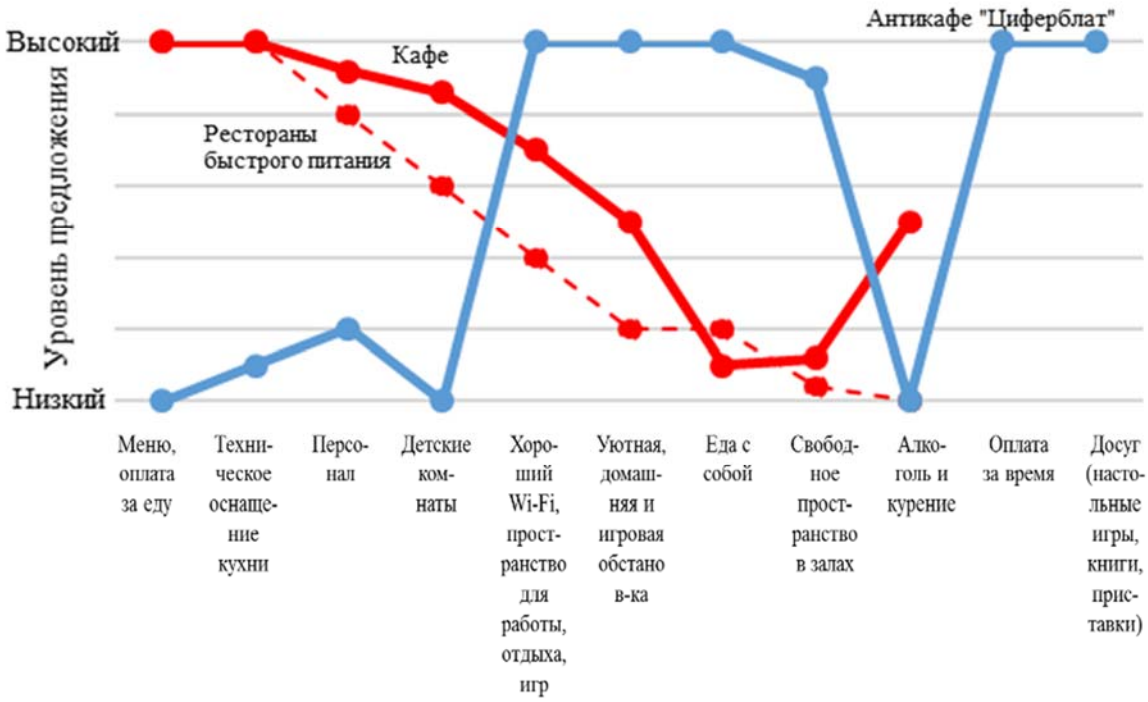


Рис. 1. Стратегическая канва антикафе «Циферблат» на момент выхода на рынок

Кейс сеть отелей "CitizenM". CitizenM – это стартап, которому удалось трансформировать отрасль низкоприбыльных отелей среднего уровня в новый прибыльный рынок доступных отелей класса люкс [2]. Проанализировав факторы конкуренции в отрасли, команда заметила, что отели стремятся предоставить как можно больший набор услуг. CitizenM определили «будущих неклиентов»: часто путешествующих людей и мобильных граждан.

При опросе этой аудитории выяснилось, что они останавливались в отелях на непродолжительное время, выбирали между трехзвездочными отелями и отелями класса люкс и были не удовлетворены предлагаемыми услугами.

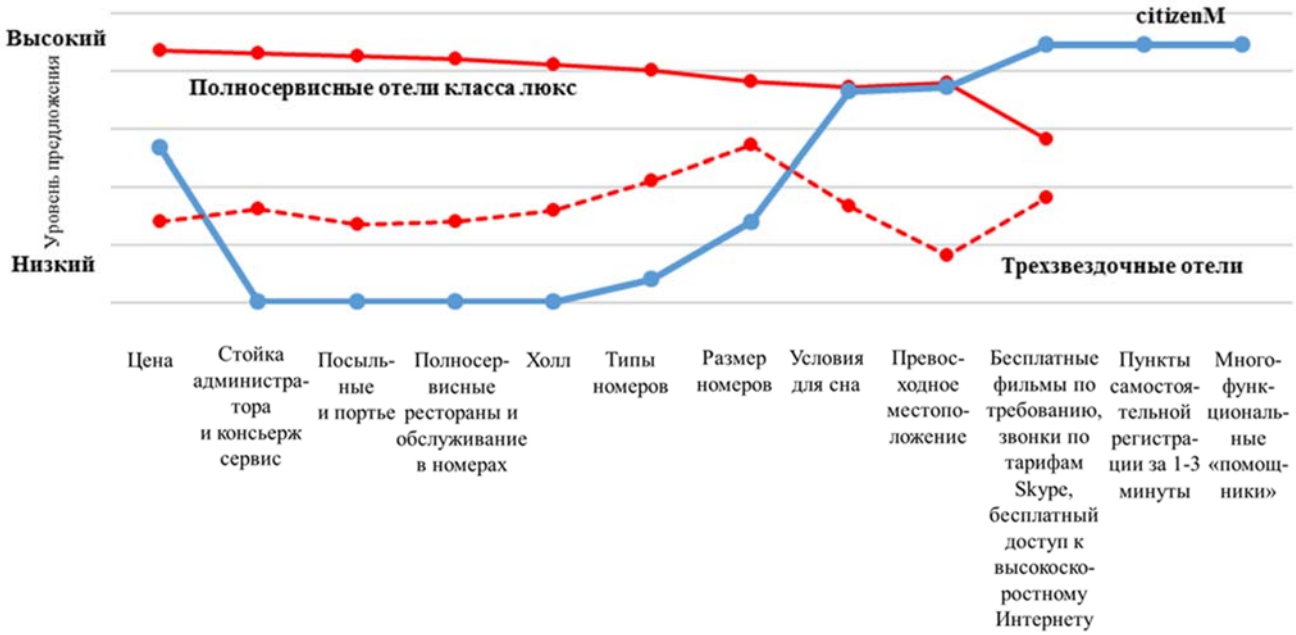


Рис. 2. Стратегическая канва CitizenM на момент выхода на рынок

Из всех факторов конкуренции действительно важными оказались только условия для сна, хороший напор в душе, превосходное местоположение, высокоскоростной Wi-Fi, вдохновляющий и яркий интерьер, заселение без очередей. На рис. 2 изображена стратегическая канва CitizenM на момент выхода на рынок в 2008 году.

Результат внедрения стратегии голубого океана – предложение качества услуг на уровне отелей класса люкс и цены на уровне трехзвездочных отелей. Наем многофункциональных помощников сократил расходы на персонал на 50%. Создание стойки самостоятельной регистрации сократило время заселения до 1–3 минут.

Сокращение размеров номеров позволило создать еще большее номеров и увеличить заполняемость до 90%. CitizenM повысили качество проживания (большие кровати, звукоизоляция, хороший напор воды в душе, высокоскоростной Wi-Fi), переоборудовали холл в пространства для отдыха, работы и бизнес-встреч с круглосуточным баром [2].

Рентабельность на квадратный метр у отелей CitizenM стала вдвое выше, чем у аналогичных отелей уровня люкс.

Основным результатом исследования является выделение основных принципов эффективной реализации стратегии голубого океана на примере российских и международных стартапов, а также анализ их деятельности с применением аналитических инструментов голубого океана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российские стартапы заняты вовсе не тем, что интересно инвесторам. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vedomosti.ru/management/articles/2019/05/21/802086-rossiiskie-startapi (Дата обращения: 11.10.2019).

2. В. Чан Ким. Переход к голубому океану. За пределами конкуренции / В. Чан Ким, Р. Моборн; пер. с англ. Н.Г. Яцюк. – М.: МИФ, 2018. – 336 с.

3. В. Чан Ким. Стратегия голубого океана. Как найти или создать рынок, свободный от других игроков / В Чан Ким, Р. Моборн; пер. с англ. И. Ющенко – М.: МИФ, 2017. – 336 с.

4. История успеха от основателя сети «Циферблат». [Электронный ресурс]. – URL: https://utro.ru/articles/2014/12/30/1228279.shtml (Дата обращения 11.10.2019).

УДК 004.9

Л.А. Соловьев, А.С. Широкова, А.Б. Титов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ И РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА ДЛЯ ООО «АЛЬЯНС-НЕВА» В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕХОДА С 1С: ТОРГОВЛЯ И СКЛАД 7.7 НА 1С: УПРАВЛЕНИЕ ТОРГОВЛЕЙ 8.3

Компании, которые находятся давно на рынке, считают, что в обновлении нет необходимости, так как рутинно выполняют уже много лет одни и те же операции, и не видят трудностей в работе, и не планируют никаких изменений. В данной статье рассматривается качественный и количественный эффект от такого обновления на примере реальной компании, для того, чтобы показать, что в компании, которая более 15 лет работает на рынке оптовой продажи сыра, было осуществлено внедрение и оно принесло хороший эффект, который положительно повлиял на ее дальнейший экономический результат.

Также стоит отметить, что в силу экономических изменений довольно часто встречается ситуация, когда небольшие компании начинают наращивать свой бизнес, но в связи с тем, что информационные системы устарели и не предусматривают такой вариант событий, у фирмы нет возможности к развитию и расширению [1]. Поэтому сейчас компаниям приходится производить оперативные переходы на новые современные системы, настроенные под

условия рынка, для того чтобы оставаться конкурентоспособными и продолжать свое развитие [2].

Этой компании придется спустя более чем 15 лет производить обновление на более актуальный продукт и производить настройку под конкретную деятельность компании. Это произошло по причине структурных изменений и расширении компании. Также необходимо отметить, что управленческому персоналу нужно будет обязать всех сотрудников пользоваться системой, чтобы не возникало конфликтов.

Цель исследования. Целью данной работы является сформировать качественный и количественный эффект от обновления информационной системы с версии 1С: Торговля и Склад 7.7 на 1С: Управление торговлей 8.3 в компании ООО «Альянс-Нева», провести планирование проекта внедрения, а также сформулировать выводы относительно возможности практического применения.

Задачи исследования. В процессе выполнения работы были рассмотрены и решены следующие задачи:

1. Рассмотреть качественный эффект от обновления информационной системы.
2. Рассмотреть количественный эффект.
3. Проанализировать как эти эффекты влияют на деятельность предприятия.
4. Проанализировать что было ДО обновления, а что стало ПОСЛЕ.
5. Провести планирование проекта с использованием диаграммы Ганта.

Методы исследования. Основными методами, используемых в работе, являются метод анализа и статический метод оценки эффективности внедрения [3].

Результаты исследования. В результате исследования было проведено планирование проекта внедрения. Эффективность от обновления информационный системы будет выражена как в качественных показателях, так и в количественных [4]. К качественным показателям можно отнести:

– Упрощение процесса приема заказа у клиентов, благодаря этому у менеджеров появилось больше свободного времени.

– Более детализировано стали видны затраты, что способствует их минимизации, в частности дебиторская задолженность позволяет не продавать клиентам с большой просрочкой оплаты. Это позволило экономить на кредитах.

– Стали более очевидны торговые запасы, что привело к оптимизации работы склада.

– Исключаются неэффективные продажи. Появилось понимание того, какие заказы приносят прибыль компании, а какие не имеют за собой никакой выгоды, а иногда даже убыточные.

Таким образом, данные качественные изменения приведут к уменьшению затрат, что отразится на увеличении выручки компании.

Таблица 1. Количественные показатели «До» и «После» внедрения

№	Показатель	До внедрения, руб./мес.	После внедрения, руб./мес.
1	Средневзвешенная стоимость заказа	121 989	121 713
2	Количество заказов	149	152
3	Выручка	18 176 345	18 500 345
4	Затраты	17 780 574	17 973 656
4.1	Себестоимость товара	16 982 528	17 228 331
4.2	Остальные затраты	798 046	745 325
5	Эксплуатационные затраты	6 250	11 070
6	Капитальные затраты на внедрение	0	448 800

На следующем этапе рассмотрим количественные показатели. Они представлены в табл. 1.

Чтобы понимать эффект от внедрения затраты были разделены на себестоимость товаров и остальные затраты. С внедрением себестоимость товаров сильно не меняется, а вот изменение остальных затрат поменялось существенно благодаря качественным показателям.

Далее был применён статический метод оценки эффективности внедрения, с помощью расчёта простой нормы прибыли (SRR) и простого срока окупаемости (PP) [5].

Простая норма прибыли (SRR) – показывает сколько дополнительной прибыли приносит каждый рубль инвестиционных затрат на разработку и внедрение информационной системы.

$$SRR = \frac{NP_2 - NP_1}{TIC},$$

где NP_1 – чистая прибыль до внедрения ИС, руб.; NP_2 – чистая прибыль после внедрения ИС, руб.; TIC – инвестиционные (капитальные) затраты на внедрение ИС, руб.

Чистая прибыль (NP) находится по следующей формуле:

$$NP = V - З,$$

где V – выручка, руб.; З – текущие затраты, руб.

Так как расчет простой нормы прибыли производится за год, а в таблице отображены значения за месяц, то умножим чистую прибыль на 12 месяцев.

$$NP_1 = 12 * (18\,176\,345 - 17\,780\,574 - 6\,250) = 12 * 389\,521 = 4\,674\,252 \text{ рубля}.$$

$$NP_2 = 12 * (18\,500\,345 - 17\,973\,656 - 11\,070) = 12 * 515\,619 = 6\,187\,428 \text{ рублей}.$$

$$SRR = \frac{6\,187\,428 - 4\,674\,252}{448\,800} = 3{,}3 \text{ год}^{-1}.$$

Таким образом, каждый рубль инвестиционных затрат на разработку и внедрение информационной системы приносит 3,3 рубля дополнительной прибыли в год.

Простой срок окупаемости (PP) – показывает за сколько интервалов планирования окупится внедрение.

$$PP = \frac{TIC}{NP_2 - NP_1},$$

где TIC – инвестиционные затраты на внедрение ИС, руб.; NP_1 – чистая прибыль до внедрения ИС, руб.; NP_2 – чистая прибыль после внедрения ИС, руб.

$$PP = \frac{448\,800}{6\,187\,428 - 4\,674\,252} = 0{,}3 \text{ года},$$

$$0{,}3 * 12 = 3{,}6 \text{ месяца}.$$

Согласно расчету, можно сделать вывод, что обновление информационной системы окупится в компании за 4 месяца.

Поняв экономическую эффективность проекта проведем планирование проекта. Проект области дает начальное понимание объема работ. Если предположения оценки области правильны, и план показал, что работу нельзя завершить в установленные сроки, следует адаптировать стратегию. Это потребует от владельца принятия альтернативной области работы, применения этапного подхода к разработке программного решения за счет увеличения числа итераций либо перехода команды разработки к альтернативному варианту проекта.

После разработки плана и создания всех документов, связанных с перспективным планированием, план представляется владельцу. После принятия плана владельцем проект возвращается менеджеру проекта для утверждения. При несогласии владельца с перспективным планом менеджеру по счетам необходимо предоставить другие варианты документа, определяющего область работ, а также план проекта [6, 7].

Диаграмму Ганта необходимо будет составлять согласно таблице с этапами работ и сроками каждого из этапов. Она представлена в табл. 2.

Таблица 2. Исходные данные для построения диаграммы Ганта

Шаг	Наименование этапа	Сроки в днях	Начало этапа	Конец этапа
1	Предпроектное обследование	15	03.12.2018	21.12.2018
1.1	Анализ компании	5	03.12.2018	07.12.2018
1.2	Обоснование необходимости обновления	2	10.12.2018	11.12.2018
1.3	Планирование проекта	3	12.12.2018	14.12.2018
1.4	Выбор системы	5	17.12.2018	21.12.2018
2	Формирование задач и приобретение	30	24.12.2018	01.02.2019
2.1	Приобретение лицензии на ПО	5	24.12.2018	28.12.2018
2.2	Приобретение и установка оборудования	5	24.12.2018	28.12.2018
2.3	Установка системы	5	02.01.2019	08.01.2019
2.4	Формирование задач к системе	18	09.01.2019	01.02.2019
3	Настройка системы под задачи	40	04.02.2019	29.03.2019
3.1	Реализация требуемых настроек	40	04.02.2019	29.03.2019
3.2	Ввод данных в систему	15	11.03.2019	29.03.2019
4	Подготовительные работы	15	01.04.2019	19.04.2019
4.1	Обучение пользователей	5	01.04.2019	05.04.2019
4.2	Тестирование	5	08.04.2019	12.04.2019
4.3	Отладка	5	15.04.2019	19.04.2019
5	Завершение внедрения	6	22.04.2019	29.04.2019

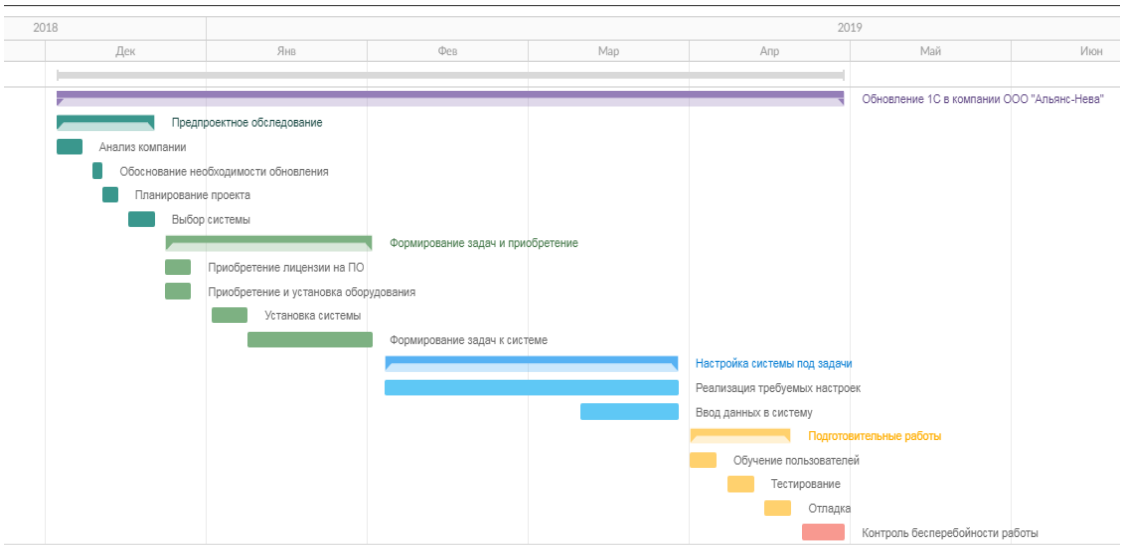


Рис. 1. Диаграмма Ганта

На основании этих исходных данных была построена Диаграмма Ганта. Она представлена на рис. 1. Необходимо отметить, что при расчете сроков учитывались выходные дни (суббота и воскресение).

Этап «установка системы» преднамеренно был поставлен на новогодние праздники (со 2 января). Это было сделано для того, чтобы не прерывать работу сотрудников установкой системой, а сделать это пока у них выходные.

Этапы «приобретение лицензии и ПО» и «приобретение и установка оборудования» выполняются одновременно.

Этап «ввод данных в систему» начинается с 11 марта, пока еще не закончен процесс реализация требуемых настроек, так как некоторые справочники уже будут готовы, и технический специалист даст разрешение их заполнить.

Выводы. В результате выполнения данной работы был проведен анализ бизнес-процессов компании ООО «Альянс-Нева» с их визуализацией, а также были проанализированы и наглядно представлены слои технологический и приложений, для понимания связи между бизнес-процессами информационных систем и оборудования. После этого был спланирован график проекта внедрения, осуществлено непосредственно внедрение и проанализирован экономический эффект как качественный, так и количественный [8].

Для анализа экономических показателей были рассчитаны показатели SRR и PP [3]. Из показателя SRR видно, что каждый рубль инвестиционных затрат на разработку и внедрение информационной системы приносит компании 3,3 рубля дополнительной прибыли в год. Показатель PP был рассчитан для того, чтобы показать за сколько интервалов планирования окупится внедрение. В результате расчетов было установлено, что внедрение окупится за 4 месяца.

Таким образом, продемонстрировав данный эффект от внедрения на примере реальной компании, было установлено, что данное обновление дало хороший качественный эффект, который заключается в первую очередь в том, что упростилась работа менеджеров. А также, было установлено, что затраты на внедрение окупятся за 4 месяца и каждый вложенный рубль затрат на систему принесет компании 3,3 рубля дополнительной прибыли в год.

При планировании проекта внедрения были рассчитаны временные затраты на разработку. Их общая продолжительность составила 106 рабочих дней. На основании этапов и их длительности была составлена диаграмма Ганта. Помимо временных затрат были рассчитаны затраты на дополнительных сотрудников, которые будут осуществлять внедрение, и затраты на оборудование. Они составили 448 800 рублей. После этого также были посчитаны и учтены эксплуатационные затраты, которые до внедрения составляли 6250 рублей, а после внедрения выросли до 11070 рублей.

На примере данной компании необходимо дать рекомендацию по обновлению всем компаниям, которые находятся давно на рынке и управленческий персонал не следит за актуальностью информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова В.Н., Юрьев В.Н., Широкова С.В., Логинова А.В Информационные системы в экономике // М.: Издательство Юрайт, 2016. – 402 с.

2. Информационные системы в экономике: учебник / В.Н. Юрьев, В.Н. Волкова; Федеральное агентство по образованию, СПбГПУ. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2006. – 536 с.

3. Вдовенко Л.А. Информационная система предприятия: Учебное пособие / Вдовенко Л.А. – 2 изд., перераб, и доп. – М.: Вузовский учебник, НИЦ Инфра-М, 2016. – 235 с.

4. Одинцов Б.Е. Информационные системы управления эффективностью бизнеса: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Б.Е. Одинцов. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 206 с.

5. Анисифоров А.Б. Методики оценки эффективности информационно-технологических проектов в бизнесе: учеб. пособие / А.Б. Анисифоров, И.В. Ильин, О.В. Ростова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 127 с.

6. Рассел Дж. Диаграмма Ганта. – М.: VSD, 2012. – 170 с.

7. Соловьев Л.А., Широкова С.В. Особенности настройки информационных систем для компании, работающей на сырном рынке. В сборнике: Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. – Сборник трудов научно-практической и учебной конференции. – 2019. – С. 409–412.

8. Широкова С.В. Применение информационного подхода А.А. Денисова при управлении проектами разработки сложных технических комплексов. – В сборнике: Системный анализ в

проектировании и управлении. – Сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 509–517.

УДК 691.433-431

В.С. Барчина, К.В. Илларионова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИДЕНТИФИКАЦИОННАЯ ЭКСПЕРТИЗА КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ, ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА РЫНКЕ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ РФ

Керамические материалы широко применяются для отделочных работ в строительстве. К таким востребованным материалам относится керамическая плитка. Объемы использования керамической плитки достаточно значительны, а показатели ее безопасности являются наиболее важными при ее эксплуатации. Безопасность обуславливается также отсутствием фальсификации товаров на потребительском рынке [1].

Керамическая плитка является одним из самых используемых отделочных материалов в РФ. В 2018 г. объем потребления керамической плитки составил 90 476 тыс. кв. м. Согласно маркетинговым исследованиям РБК, доля импорта на рынке керамической плитки составляет 23%, а доля отечественной продукции – 77%. Доля экспорта в производстве составляет 12% и соответственно, 88% керамической плитки производится для внутреннего потребления. Структура импорта керамической плитки на рынке РФ на протяжении последних 5-ти лет состоит преимущественно из таких стран-производителей как Беларусь и Украина. Казахстан – лидирующий импортер керамической плитки, произведенной на территории РФ [2, 3].

Целью исследования является идентификационная экспертиза образцов керамической плитки, реализуемых на российском потребительском рынке отделочных материалов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие *задачи*:

проведен подбор образцов керамической плитки-декора различных стран-производителей;

идентифицирован товарный сорт образцов;

определены размерные, физико-химические и механические показатели качества образцов.

Таблица 1. Образцы глазурованной керамической плитки-декора

Номер образца	Наименование	Страна-изготовитель	Сорт	Геометрические размеры, см	Цена, руб.
1	Плитка керамическая глазурованная для внутренней облицовки стен Eclipse Selena	Россия	1	50,5x6,2x0,9	329
2	Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен фризовые Эллада	Беларусь	1	50x2,5x0,95	219
3	Плитки керамические глазурованные (декоративные элементы) Emperador	Украина	1	50,1x4,5x0.8	198
4	Бордюр настенный ILUSTRE Listelo Rosemary 2Cream	Португалия	1	33,3x3x0,9	153
5	Бордюр настенный Listelo Thasos Beige	Испания	1	25x3x0,7	220

Таблица 2. Анализ маркировки образцов глазурованной керамической плитки-декора

Сведения маркировки	Номер образца				
	1	2	3	4	5
На монтажной поверхности товарный знак предприятия-изготовителя	+	+	+	-	-
На этикетке наименование, товарный знак и адрес предприятия-изготовителя	+	+	+	+	-
Условное обозначение плиток и (или) их полное наименование	+	+	+	+	+
Количество плиток, $м^2$ (шт.)	+	-	+	+	+
Товарный сорт	+	+	+	+	+
Номер партии и дата изготовления	+	+	+	+	+
Обозначение НТД, регламентирующего качество	+	+	+	+	+

Примечания: + – соответствие данных маркировки требованиям ГОСТ 6141-91
- – несоответствие данных маркировки требованиям ГОСТ 6141-91

Таблица 3. Результаты оценки внешнего вида образцов глазурованной керамической плитки-декора

Номер образца	Вид дефекта	Количеств, шт/размер, мм	Допустимое значение по ГОСТ 6141-91
1	Отбитость на лицевой поверхности	1 (2 мм)	Длиной не более 2 мм в количестве не более 2 шт допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
	Просвет вдоль краев цветных плиток	1 мм	Вдоль края плитки шириной не более 2 мм допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
2	Отбитость на лицевой поверхности	2 (3 мм и 2 мм)	Длиной не более 2 мм в количестве не более 2 шт допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
	Мушки	1шт (невидимые)	Допускаются, невидимые с расстояния 2 м
	Сколотый угол	1шт	Не допускается для 1 сорта
	Просвет вдоль краев цветных плиток	0,5 мм	Вдоль края плитки шириной не более 2 мм допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
3	Отбитость на лицевой поверхности	2 (2 мм и 0,5 мм)	Длиной не более 2 мм в количестве не более 2 шт допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
	Просвет вдоль краев цветных плиток	1,5 мм	Вдоль края плитки шириной не более 2 мм допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
	Мушки	2шт (невидимые)	Допускаются, невидимые с расстояния 2 м.
	Скол на ребре	2 шт (12 мм и 2 мм)	Не допускается для 1 сорта
4	Отбитость на лицевой поверхности	1 шт (1,5 мм)	Длиной не более 2 мм в количестве не более 2 шт допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
	Скол на грани	1 шт (2,5 мм)	Не допускается для 1 сорта.
	Просвет вдоль краев цветных плиток	1мм	Вдоль края плитки шириной не более 2 мм допускается для 2 сорта. Не допускается для 1 сорта.
5	Отсутствуют	Отсутствуют	-

Методы исследования. В качестве объектов исследования были использованы пять образцов глазурованной керамической плитки-декора российского и зарубежного производства, реализуемой на потребительском рынке отделочных материалов России (табл. 1).

При идентификационной экспертизе образцов керамической плитки были определенны размерные характеристики, водопоглощение, термическая и химическая стойкости глазури, а также установлены ее твердость по минералогической шкале Мооса и сорт в соответствии с ГОСТ 6141-91 «Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен. Технические условия» [4] стандартными и общепринятыми методами.

Результаты исследования. Анализ маркировки, представленной на потребительской таре свидетельствует о том, что образцы № 1, 3 и 4 соответствуют требованиям ГОСТ 6141-91, а образцы № 2 и № 5 – не соответствуют, так как не содержат информацию о количестве плиток и об адресе предприятия-изготовителя соответственно (табл. 2).

Результаты оценки внешнего вида глазурованной керамической плитки-декора представлены в табл. 3 и свидетельствуют о том, что исследуемые образцы № 2 и 3 имеют общее количество допустимых дефектов более 3 и поэтому относятся к браку. Образцы № 1 и 4 имеют по 2 и 3 дефекта, допустимые для 2 сорта, что не соответствует данным маркировки. Образец № 5 соответствует 1 сорту, так как дефекты на нем не были обнаружены.

Результаты оценки размерных характеристик, исследуемых образцов керамической плитки, свидетельствуют о том, что предельные отклонения фактических размеров плиток от заявленных не превышают 0,8% по длине и ширине и 8% по толщине, что соответствует требованиям ГОСТ 6141-91, согласно п. 1.3.4 (табл. 4) [4].

Результаты оценки физико-химических характеристик представлены в табл. 5 и свидетельствуют о том, что по показателю водопоглощения все исследуемые образцы бордюра керамического настенного соответствуют требованиям п. 1.4.7. ГОСТ 6141-91, так как не превышают 16%, как и по показателю термической устойчивости глазурованной поверхности образцов, которая выдерживает воздействие температуры в 125 °С. Глазурь образцов химически устойчива, так как под воздействием раствора №3 не был изменен ее цветовой тон и блеск, что соответствует требованиям ГОСТ [4].

Таблица 4. Результаты оценки размерных характеристик образцов керамической плитки

Номер образца	Показатели, см	Данные маркировки, см	Фактическое значение, см	Отклонение, %
1	длины	50,5	50,3	0,10
	ширины	6,2	6,3	0,01
	толщины	0,9	1,0	0,01
2	длины	50,0	50,2	0,10
	ширины	2,5	2,5	0,00
	толщины	0,95	1,0	0,01
3	длины	50,1	50,0	0,05
	ширины	4,5	4,5	0,00
	толщины	0,8	0,85	0,01
4	длины	33,3	33,3	0,00
	ширины	3,0	3,0	0,00
	толщины	0,9	0,8	0,01
5	длины	25,0	24,7	0,07
	ширины	3,0	2,8	0,01
	толщины	0,7	0,9	0,00

Таблица 5. Результаты оценки физико-химических характеристик

Номер образца	Твердость по Моосу, балл	Водопог-лощение, %	Стойкость глазури	
			Термическая	Химическая
1	5	14,2	Термически стойкая	Стойкая к действию раствора* № 1 и № 3. Неустойчива к действию раствора № 2 (полностью исчезает блеск)
2	5	14,9	Термически стойкая	Стойкая к действию растворов № 1, 2 и 3
3	5	9,8	Термически стойкая	Химически стойкая к действию растворов № 1, 2 и 3
4	5	14,01	Термически стойкая	Стойкая к действию раствора № 3. Неустойчива к действию раствора № 1 (полностью исчезает блеск) и № 2 (блеск становится менее выражен)
5	7	8,3	Термически стойкая	Стойкая к действию растворов № 1, 2 и 3

*Примечание: раствор № 1 – раствор, приготовленный из 30 $см^3$ соляной кислоты и 970 $см^3$ дистиллированной воды; раствор № 2 – раствор гидроокиси кальция, приготовленный из 30 г на $дм^3$; раствор № 3 – раствор, приготовленный из 7% силиката натрия, 33% углекислого натрия безводного, 23% дистиллированной воды и 30% мыльных хлопьев из олеата натрия.

Выводы. Таким образом, в результате проведения идентификационной экспертизы: оценки маркировки, внешнего вида, размерных, механических и физико-химических показателей качества образцов глазурованной керамической плитки-декора была выявлена информационная, качественная и стоимостная фальсификация отделочных материалов для внутренней облицовки стен на российском потребительском рынке. Образец № 5 (бордюр настенный Listelo Thasos Beige) испанского производства характеризуется наиболее высокими показателями качества и соответствует требованиям ГОСТ и данным маркировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова М.А., Илларионова К.В. Идентификация как способ выявления фальсификации керамической плитки // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 96–99.

2. Буянова К.И., Илларионова К.В. Анализ конкурентных преимуществ керамической плитки, глазурованной для внутренней облицовки стен // Качество и безопасность товаров: от производства до потребления: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию возрождения кафедры товароведения и экспертизы товаров. 2019. С. 118–123.

3. Рынок керамической плитки в России 2019: оперативные данные 2010–2019 и прогноз до 2023. – URL: https://marketing.rbc.ru/ (дата обращения 23.08.2019).

4. ГОСТ 6141-91 Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен. Технические условия // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. 2002. – URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-6141-91 (дата обращения 15.02.2019).

УДК 331.08

С.А. Бобарико, Д.В. Воронов, А.А. Яковлев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ HR

На сегодняшний день ключевым фактором развития компании являются трудовые ресурсы. Для эффективной работы и поддержания высокой конкурентоспособности компании необходимо проведение качественной оценки работы службы по управлению персоналом.

Цель исследования – изучение методов оценки качества деятельности hr-служб для совершенствования системы управления персоналом и планирования дальнейшего развития компании. *Задачи исследования* – рассмотреть существующие качественные показатели работы hr-отделов, проанализировать их и предложить рекомендации по повышению качества работы в современных условиях.

Методы исследования: наблюдение, анализ, синтез и обобщение материалов по теме исследования.

Основной целью отдела персонала является повышение стоимости компании на рынке с помощью использования различных инструментов управления персоналом [1]. Наряду с этим hr-менеджеры должны заниматься развитием стратегии организации в области кадровой политики, улучшать организационную структуру и управлять системой оценки деятельности других подразделений.

Результаты исследования. На сегодняшний день в России не так много профессиональных hr-служб, что обусловлено относительно недавним появлением этой сферы в стране.

В ходе анализа выявлены следующие стейкхолдеры в оценке деятельности работы hr-отдела:

1. Акционеры компании – инвесторы, которые хотят увидеть положительную рентабельность благодаря высококвалифицированным кадрам, подобранными менеджером по персоналу.

2. Совет директоров и топ-менеджмент компании – руководители, которые заинтересованы в улучшении качества работы своих направлений, подразделений.

3. Проектные менеджеры – сотрудники, которые стремятся реализовать проекты подразделений в рамках деятельности компании за счет грамотно подобранной команды.

4. Hr-службы – подразделения, заинтересованные в улучшении качественных показателей по работе с персоналом, снижению текучести кадров, повышению эффективности технологий адаптаций новых сотрудников и технологий стимулирования и обучения персонала.

5. Университеты – стейкхолдеры, которым важна качественная работа hr-служб в компаниях-партнерах ВУЗа для повышения шансов на трудоустройство у студентов и получения ими практических знаний через стажировки и практики.

6. Студенты – стейкхолдеры, которые заинтересованы в профессиональной работе hr-служб при трудоустройстве.

7. Профсоюзы и общественные организации – сообщества, которые отстаивают права сотрудников компаний, заинтересованы в справедливой и качественной оценке профессиональных и личностных качеств.

8. Государственные органы – стейкхолдеры, заинтересованные в благополучии работающего класса, а также в соответствии всех нормативов и законов в области гражданского права и трудового кодекса. Стоит подчеркнуть, что работа hr-менеджеров

оказывает косвенное влияние на показатели деятельности всех подразделений организации, и поэтому ценность данной службы отчетливо видна.

Клиентом отдела по персоналу является вся компания в целом, а сама служба занимается своеобразной продажей услуг в сфере управления персонала. Такие услуги невозможно перевести в денежное выражение. Однако директор по персоналу занимается планированием деятельности своего отдела, постановкой ключевых проектов, составлением бюджета и оценкой уровня эффективности деятельности.

Рассмотрим методы оценки качества работы hr-отдела:

1. Метод экспертной оценки заключается в получении обратной связи от руководителей других подразделений компании. Опрос состоит из вопросов, которые оценивают работу отдела персонала, качество и скорость подбора кадров, качество проводимых программ по обучению персонала. Такую оценку необходимо проводить минимум два раза в год, чтобы полученные и проанализированные данные помогли улучшить качество и эффективность работы hr-службы. Главным преимуществом данного метода является скорость реализации и небольшие затраты, а недостаток отражен в субъективности такой оценки.

2. Human capital ROI (return on investment) – расчет возврата на инвестиции в человеческий капитал.

Расчет данного показателя происходит по формуле:

$$ROI = \frac{\text{Доход} - \text{затраты}}{\text{Затраты}} * 100\ \%. \quad (1)$$

Недостатком этого метода оценки является крайняя трудоемкость, так как надо учитывать стоимость мероприятия в совокупности с косвенными затратами и в дальнейшем подсчитать полученный доход. Преимущество заключается в возможности сравнивать показатели за каждый отчетный период.

3. Hr-benchmarking – метод, суть которого в сравнении показателей в сфере управления кадрами с опытом других компаний на рынке. При применении данного подхода hr-отделы сопоставляют показатели работы с показателями аналогичных организаций [2]. Данное исследование проводится конфиденциально, чаще всего сторонними внешними консультантами. Полученная информация анализируется, составляется отчет с обобщенной информацией в отрасли. На данный момент в России применение метода бенчмаркинга не распространено, так как компании не доверяют организаторам и не готовы предоставлять конфиденциальные данные. Преимущество данного исследования в том, что оно помогает измерить показатели в плохо измеримой сфере – управление персоналом. Недостатком является трудность сопоставление показателей компаний, так как каждая организация имеет разные условия для развития и свою уникальную стратегию.

4. Введение показателей KPI (ключевые показатели эффективности) для оценки эффективности отдела персонала позволяет отразить уровень эффективности деятельности данной службы. Преимуществом является то, что достижение данных показателей можно связать с получением премии, что будет мотивировать сотрудников на улучшение работы. Недостаток данного метода заключается в демотивации персонала при труднодостижимых показателях. Разработка KPI – сложный процесс, так как показатели не должны противоречить стратегии компании.

Рассмотрим введение KPI по различным функциональным обязанностям специалистов отдела hr и дадим рекомендации по улучшению каждого показателя:

а. Одним из направлений деятельности hr-отдела является проведение интервью перед увольнением или уходом сотрудника из компании. На данный момент в российских компаниях этот процесс не является популярным. Однако стоит отметить важность получения обратной связи и постоянного общения с другими сотрудниками предприятия. Особенно необходимо проведение интервью с коллегой перед его увольнением, так как это помогает

выявить причины и корпоративные неэффективности. Правильный анализ полученной информации помогает улучшить рабочие процессы и повысить уровень корпоративной культуры.

Способы проведения интервью перед увольнением:

1. Личная беседа.
2. Беседа по телефону.
3. Опросник.

Последний способ помогает бывшему коллеге избежать неудобных вопросов. Однако разговор один на один с сотрудником hr-отдела помогает найти проблему, которую уходящий сотрудник мог и не обозначить при заполнении анкеты. Видя интерес коллеги, проще поделиться возникавшими проблемами в ходе работы, есть возможность высказать свои идеи относительно улучшения сложившийся ситуации в компании. Поэтому особенно важно опрашивать сотрудников, увольнение которых может стать большой потерей для компании.

Все эти факторы говорят о необходимости внесения в должностную инструкцию специалиста отдела персоналов обязательности проведения интервью перед увольнением. А также создания анкеты по увольнениям на предприятии, в ходе прочтения которой были отражены результаты по 5 важным аспектам:

1. Причины ухода.
2. Удовлетворенность проделанной работой в рамках компании.
3. Отношения с руководством.
4. Корпоративная культура.
5. Заработная плата и социальный пакет.

Качество работы hr-отдела отражается в расчетах текучести персонала.

Расчет данного показателя проводится по формуле:

$$\text{Текучесть кадров} = \frac{\text{количество уволившихся}}{\text{среднее количество работющих сотрудников}} * 100\%. \quad (2)$$

Внедрение такого инструмента как проведение интервью перед увольнением позволит улучшить показатель текучести кадров, который отражает качество проделанной работы hr-специалистом в компании.

b. В большинстве российских компаниях от специалиста по рекрутингу требуют быстрого закрытия свободной позиции в штате. Однако не все руководители могут правильно оценить этот показатель.

Скорость закрытия вакансии зависит от следующих факторов:

1. Востребованность вакансии на рынке труда в данном городе.
2. Условия работы, которые предлагает организация будущему сотруднику. Сюда стоит отнести такие факторы, как заработная плата, график работы, социальные льготы, предоставляемые бонусы в компании.
3. Ограничения рынка труда. Например, редкость данной профессии, небольшое число кандидатов, которые находятся в поиске работы.
4. Ограничения по бюджету.
5. Ограничения, которые ввела сама компания.

Неправильно поставленный показатель KPI по закрытию вакансии приводит к уменьшению мотивации в отделе персонала, увеличению издержек, так как иногда сам рекрутер понимает, что не сможет уложиться в сроки и найти более подходящего кандидата.

Например, в одной из компаний на рынке труда Санкт-Петербурга стоит план закрытия рабочих вакансии в течение 14 дней. Стоит учитывать, что 14 дней уменьшаются на 4 дня, так как в России пятидневная рабочая неделя, в результате у специалиста по подбору персонала остается 10 рабочих дней. За это время необходимо разместить вакансию, отобрать кандидатов для интервью по предоставленным резюме, провести очные собеседования,

познакомить с компанией, руководителем и отделом, провести тестовый день или выдать тестовое задание и много других элементов в этом процессе, который необходимо пройти на положительный результат перед процессом. Однако есть «редкие» специалисты среди рабочих позиций, для качественного закрытия которых 10 рабочих дней не хватает. Процесс подбора может длиться месяцами, а некачественный подход при постановке показателей KPI лишь ухудшает качество работы hr-службы из-за снижения мотивации, так как в срок закрытие вакансии не получается.

Факторы, которые способствуют более качественному закрытию открытой позиции в компании:

1. Понимание рекрутером открытой позиции, какой именно требуется специалист и какие у него будут в дальнейшем должностные обязанности.
2. Оперативность размещения вакансии на различных платформах.
3. Размер выделенных средств на рекламу из бюджета организации.
4. Выносливость и дисциплина hr-специалиста показывает качественный подход.
5. Конкурентная заработная плата.
6. Привлекательность бренда компании как работодателя в глазах соискателя вакансии.
7. Официальное оформление.
8. Предоставляемые социальные льготы.
9. Реалистичные и понятные требования к кандидату.
10. Оперативность отклика на резюме.
11. Презентационные навыки рекрутера.
12. Отношение к кандидату.

Вышеперечисленные факторы влияют на скорость закрытия вакансий и, следовательно, определяют, насколько система подбора персонала будет качественной. Все эти 12 пунктов отражают направление для дальнейшего развития корпоративной политики компании и менеджеров по управлению персоналом, что улучшит качество работы всего предприятия.

Данный список также является некоторой подсказкой, в каком направлении следует развивать компанию и профессиональные навыки менеджеров по подбору персонала.

Результаты. Рассмотренные методы оценки качества работы не позволяют полностью оценить эффективность работы hr-отдела. В связи с этим можно предложить рекомендации по внедрению в компанию комплексного метода оценки эффективности.

Этот вид оценки будет представлять собой:

1. Получение обратной связи не только от руководителей других отделов, но и от сотрудников, которые недавно пришли в компании и от тех, кто решил уволиться. Данная процедура поможет в совокупности оценить уровень эффективность hr-службы. Особенно необходима обратная связь с теми, кто решил поменять место работы. Необходимо проанализировать причины и выявить пути для улучшения сложившейся ситуации.
2. Введение показателей KPI на определенные задачи отдела персонала.

Так, с помощью этой оценки можно измерить скорость закрытия вакансии, текучесть кадров. Однако с помощью одинаковых KPI невозможно оценить скорость закрытия разных вакансий в компании, так как на данные позиции требуются специалисты с разным уровнем профессионализма. Необходима тщательная разработка отдельных показателей на каждую позицию в компании.

Стоит отметить, что измерить все hr-функции сложно, но возможно. Однако измерения для заполнения лишь одной отчетности не принесут пользу для работы компании. Получаемые данные необходимо правильно анализировать и в дальнейшем использовать при разработке корпоративной политики в области управления персоналом, что в свою очередь повысит качество работы всех отделов предприятия.

Выводы. Таким образом, внедрение комплексной системы оценки качества работы hr-службы повысит уровень эффективности каждого сотрудника в отделе. Стоит отметить, что деятельность сотрудников hr-службы направлена на достижение стратегических целей организации. Наибольшая эффективность достигается в тех компаниях, где с наибольшей отдачей работает персонал [3]. Следовательно, оценить деятельность отдела персонала можно также посредством такого основополагающего фактора, как корпоративная культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Знаменский В.Ю., Омельченко Н.А. Кадровая политика и кадровый аудит организации. – М.: Юрайт, 2014. – 364 с.
2. Оценка работы отдела кадров [Электронный ресурс]. – URL: https://moipersonal.ru/otsenka-i-attestatsiya/otsenka-otdela-kadrov (дата обращения 12.10.2019).
3. Макеев В.А. Корпоративная культура как фактор эффективного управления организацией. – М.: URSS, 2017. – 248 с.

УДК 332.62

Е.Н. Быкова
Санкт-Петербургский горный университет

МЕТОДЫ УЧЕТА ЗОН С ОСОБЫМИ УСЛОВИЯМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В связи с отсутствием в российском законодательстве четких указаний по учету зон с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ) при определении рыночной стоимости земель, возникает проблема объективности результатов такой оценки. Особенно актуально этот вопрос стоит в отношении оценки земель сельскохозяйственного назначения, поскольку они представляют собой наиболее ценные продуктивные угодья и занимают значительные площади территорий, которые изрезаны различными коммуникациями и иными режимообразующими и режимными объектами.

В связи с обременением сельскохозяйственных земель ЗОУИТ ограничиваются и/или запрещаются некоторые виды сельскохозяйственной деятельности. Так, в водоохранной зоне водного объекта, запрещена распашка земель, использование удобрений, выпас и водопой скота и др., наличие линий электропередач, магистральных трубопроводов, водопроводов, дорог помимо ограничений деятельности может привести к мелкоконтурности и изрезанности границ контуров сельскохозяйственных угодий и невозможности их функционирования как средства производства, поскольку затраты на проведение работ будут превышать получаемый с них доход.

Цель исследования. Поскольку все это ограничивает права собственников и иных правообладателей земельных участков, то необходимо научно обосновать методологию расчета рыночной стоимости земельных участков сельскохозяйственного использования на основе учета ЗОУИТ.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи: определен размер мелкоконтурной части земельного участки; предложены поправочные коэффициенты на изрезанность препятствиями (для земель высокотоварных сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств); рассчитаны коэффициенты конфигурации частей садового и/или огородного участка; предложены формулы расчета рыночной стоимости участков сельскохозяйственного назначения.

Методы исследования. Данное намерение, прежде всего, согласуется с Федеральным стандартом оценки № 7 (IV гл. п. 8), где предусмотрен сбор сведений об ограничениях (обременениях), связанных с объектом оценки и регламентирующим оценку с учетом ограничений (обременений) в случае наличия такой информации и Постановлением Правительства РФ от 7 мая 2003 года, где предусмотрено снижение стоимости земельных участков в связи с ограничением прав на них.

Рыночная стоимость земельного участка с учетом ЗОУИТ определяется путем сложения рыночной стоимости той части земельного участка, которая не обременена ими ($С_{Б/ЗОУИТ}$) и той части участка, на которую оказывает влияние обременение в виде ЗОУИТ ($С_{С/ЗОУИТ}$):

$$С_{РЫН(С/ЗОУИТ)} = С_{Б/ЗОУИТ} + С_{С/ЗОУИТ}. \quad (1)$$

Рыночная стоимость земельного участка сельскохозяйственного использования без учета ЗОУИТ определяется в соответствии с Распоряжением Минимущества РФ от 06.03.2002 N 568-р (ред. от 31.07.2002) на основе оценки входящих в его состав сельскохозяйственных и несельскохозяйственных угодий. Применяемые методы оценки земельных участков сельскохозяйственного назначения зависят от того, какие угодья оцениваются:

1) метод сравнения продаж или метод капитализации земельной ренты – сельскохозяйственные угодья и замкнутые водоемы, которые могут быть использованы для предпринимательской деятельности; земли под хозяйственными постройками, расположенные на сельскохозяйственных угодьях;

2) методы оценки застроенных или предназначенных для застройки земельных участков – земли, занятые зданиями, строениями, сооружениями, используемыми для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции.

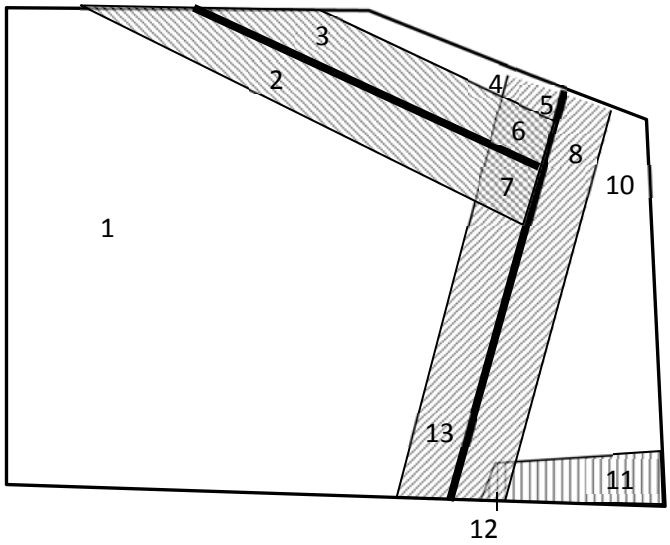
Результаты исследования. Для визуального восприятия всех обозначений в предлагаемых далее формулах рассмотрим рис. 1, на котором показано возможное пространственное расположение режимообразующих объектов и их ЗОУИТ на территории земельного участка.

Предлагаемые формулы расчета рыночной стоимости земельного участка сельскохозяйственного использования будут различаться в зависимости от того, какой это участок. Рыночную стоимость земельного участка высокотоварного сельскохозяйственного предприятия или крестьянского (фермерского) хозяйства предлагается определять по формуле (2):

$$С_{РЫН(С/ЗОУИТ)} = (С_{Б/ЗОУИТ} + \sum_{i=1}^{n}(S_i \cdot УПРС_{Б/ЗОУИТ} \cdot (1 - \sum_{v=1}^{m} k_{\beta_v}))) \cdot К_{ИЗРЕЗ}, \quad (2)$$

где S_i – площадь i-ой части земельного участка, обремененной ЗОУИТ (образуются ЗОУИТ и их наложением), м^2; $УПРС_{Б/ЗОУИТ}$ – удельный показатель рыночной стоимости необремененного ЗОУИТ земельного участка, руб/м^2; $К_i$ – коэффициент регламента (ограничения хозяйственной деятельности) в i-ой части земельного участка, обремененной ЗОУИТ или их наложениях, показывающий остаточную эффективность использования i-й обремененной части участка и определяемый как разность 1 и суммы весовых коэффициентов запрещенных и ограниченных видов деятельности ($\sum_{v=1}^{m} k_{\beta_v}$ – сумма весовых коэффициентов запрещенных и ограниченных видов деятельности, предусмотренных целевым назначением земель, в связи с установлением регламента использования на i-ой части земельного участка, обремененной ЗОУИТ); i – номер части земельного участка, образованной ЗОУИТ и/или их наложением при пересечении; n – количество обремененных ЗОУИТ частей земельного участка с учетом их наложений при пересечении; $К_{ИЗРЕЗ}$ – коэффициент, учитывающий площадь и изрезанность земельного участка препятствиями (устанавливается на основании табл. 1 путем определения вида выполняемых на участке работ и определения степени

изрезанности участка препятствиями); *v* – запрещенный или ограниченный вид деятельности; *m* – количество запрещенных и ограниченных видов деятельности.



Части 1+2+7+13, 3+4+5+6, 8+10+11+12: части земельного участка, образованные режимообразующими объектами и их пересечением;

Части 2, 3,5,6,7,8,11,12,13: части земельного участка, обремененные ЗОУИТ;

Части 1, 10: необремененные части земельного участка, образованные ЗОУИТ;

Части 1 – 13: части земельного участка, образованные режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также их наложением при пересечении одних и других и между собой (*i=1* до *n*).

Рис. 1. Пространственное положение режимообразующих объектов и их ЗОУИТ на территории земельного участка

Таблица 1. Поправочные коэффициенты, учитывающие площадь и изрезанность земельного участка препятствиями

Вид работы	Изрезанность участков препятствиями, занимающими площадь в процентах от общей площади участка				
	10	20	30	40	50
Вспашка	0,91	0,85	0,8	0,76	0,72
Посев, посадка	0,92	0,86	0,81	0,77	0,73
Междурядная обработка	0,93	0,87	0,82	0,78	0,74

При наложении ЗОУИТ на всю территорию земельного участка, когда регламентом зон запрещены и ограничены все виды деятельности, предусмотренные целевым назначением земель, рыночная стоимость будет равна нулю, поскольку на участке сельскохозяйственного назначения невозможно осуществлять ни один из видов сельскохозяйственных работ, и он теряет ценность для сельского хозяйства.

Еще одним немаловажным аспектом оценки земель при наличии ЗОУИТ и режимообразующих объектов является образование мелкоконтурных и изрезанных частей земельного участка. Следует иметь ввиду, что размер мелкоконтурных частей может быть различен для разных видов использования земель, а также может быть дифференцирован по субъектам РФ.

Если рассматривать в общем виде учет мелкоконтурности, то следует отметить, что правообладатель сельскохозяйственного земельного участка теряет часть чистого дохода из-за неиспользования таких контуров или при их использовании из-за завышенной себестоимости производимой продукции в неблагоприятных условиях полевых механизированных работ.

Первым необходимым условием оценки является определение минимально возможной к обработке площади земельного участка, образованной режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также наложением при пересечении одних и других и между собой. Обоснование такой площади позволит при индивидуальной оценке исключить суммарную площадь

невозможных для обработки земель, компенсировав, таким образом, рыночную стоимость. Согласно методике В.А. Руди [1] за лучшую конфигурацию (100 баллов) для механизированной обработки почв принята условная ширина 1 га (10000 м^2) в 5 м, что соответствует длине гона ($Д_г$, м) 2000 м. При этом ширина контура менее 5 метров не может рассматриваться, поскольку возможность механизированной обработки такого контура пропадает. Максимальное значение ширины контура принято 5 м, соответственно, все части земельного участка шириной менее 5 метров, независимо от их площади, должны быть исключены из оценки рыночной стоимости земельного участка сельскохозяйственного назначения как части, использование которых для производственной и хозяйственной деятельности невозможно.

Кроме вытянутых частей земельного участка, могут быть образованы и компактные по конфигурации части, но малой площади. Такие территории также невозможны для обработки.

Для земель высокотоварных сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств мелкоконтурной частью участка следует признать участок площадью 0,015 га. Указанная площадь получена следующими умозаключениями: максимальная ширина возможного к обработке сельскохозяйственной техникой контура составляет исходя из вышеприведенных данных 5 м, длина такого контура должна соответствовать минимальной длине рабочего гона сельскохозяйственной техники. По анализу всех субъектов РФ согласно [2] усредненным для зоны нормативам минимальная длина гона составляет 30 м (зона 4.3 – Приволжский федеральный округ (Пермская, Кировская области, Удмурдская республика и Коми-Пермяцкий АО)).

Коэффициенты запрещенных и ограниченных видов деятельности получены в рамках отдельного исследования, результаты которого представлены в [3, 4].

Изрезанность территории земельного участка предлагается учитывать по коэффициенту изрезанности препятствиями, которыми в данном случае являются линии электропередач, трубопроводы и иные режимообразующие объекты, не только устанавливающие особый режим использования земель в ЗОУИТ, но и расчленяющие территорию, создавая недостатки землепользования. Коэффициент изрезанности препятствиями зависит от площади и степени изрезанности участков препятствиями. Согласно Приказу Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 317 от 26.04.2006 г. «Об утверждении Межотраслевых типовых норм выработки на лесокультурные работы, выполняемые в равнинных условиях» [5] в табл. 1 представлены поправочные коэффициенты, учитывающие влияние участков, изрезанных препятствиями, на выработку тракторных агрегатов, требующих их объезда тракторными агрегатами на холостом ходу, которые можно использовать для корректировки стоимости земель сельскохозяйственного назначения (высокотоварные сельскохозяйственные предприятия и крестьянские (фермерские) хозяйства). Степень изрезанности участка препятствиями определяется отношением площади, занятой препятствиями к общей площади участка, выраженной в процентах. Препятствиями в данном случае являются как ЗОУИТ, так и сами режимообразующие объекты. Если участок изрезан препятствиями менее чем на 10 %, то коэффициент изрезанности следует принять равным 1, то есть изрезанность незначительная и влияние на стоимость земельного участка она не оказывает. Если участок более чем на 50 % изрезан препятствиями, то должен решаться вопрос о возможности его дальнейшего использования.

Для садовых, огородных и дачных участков следует учитывать не поправочный коэффициент на изрезанность в общем для всего участка, а применять поправочные коэффициенты конфигурации к каждой части земельного участка, образованной режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также их наложением при пересечении одних и других и между собой, учитывая при этом и части, оставшиеся небремененными. В этом случае стоимость необремененной части земельного участка (формула 2) следует представить

в виде суммы стоимостей необремененных частей участка, образованных ЗОУИТ. В результате формула расчета примет вид (3):

$$C_{РЫН(С/ЗОУИТ)} = \sum_{i=1}^{n}(S_i \cdot УПРС_{Б/ЗОУИТ} \cdot K_{КОНФi}) + \sum_{i=1}^{n}(S_i \cdot УПРС_{Б/ЗОУИТ} \cdot (1 - \sum_{v=1}^{m} k_{\beta_v}) \cdot K_{КОНФi}) \text{ , (3)}$$

где S_i – площадь i-ой части земельного участка, образованной режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также их наложением при пересечении одних и других и между собой, м^2 (рис. 1); $K_{КОНФi}$ – коэффициент конфигурации i-ой части земельного участка, образованной режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также их наложением при пересечении одних и других и между собой.

Для обоснования размера мелкоконтурной части участка садоводческих, огороднических и дачных участков предлагается использовать метод k-средних при условии наличия пространственной информации о занимаемой ЗОУИТ территории на участках, поставленных на кадастровый учет. Мелкоконтурной частью участка следует признать часть, площадью менее 2,36 м^2, обоснование которой для Санкт-Петербурга представлено в [4].

В 2016 году ООО "Центр Экономического Анализа и Экспертизы" доказало, что участки, имеющие пространственные недостатки, в том числе неправильную или вытянутую форму на рынке стоят дешевле чем остальные. Были разработаны рекомендуемые корректировки на основе информации о сделках по продаже участков различного функционального назначения, в том числе садоводства, в Московской, Ленинградской, Владимирской, Калужской и иных. Используя результаты этих исследований были рассчитаны корректировки для недостатка «неправильная или вытянута конфигурация». Категории конфигурации основаны на расчете коэффициента компактности, который используется в землеустройстве и представляет собой отношение периметра части земельного участка, образованной режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также их наложением при пересечении одних и других и между собой, к периметру квадрата той же площади. Данный коэффициент показывает возможность использования рассматриваемых частей для осуществления садоводческой, огороднической и дачной деятельности и чем он ближе к 1, тем более форма части подобна квадрату. Интервалы коэффициента компактности получены расчетным путем в условиях разной конфигурации частей участка (квадрат, прямоугольник, трапеция, треугольник, ромб) и разной их вытянутости (1:1, 1:2, 1:3, 1:4). Для получения корректирующего рыночную стоимость земель коэффициента конфигурации процентные корректировки стоимости переведены в коэффициенты (табл. 2).

Таблица 2. Шкала оценки конфигурации частей земельного участка, образованных ЗОУИТ

Показатели	Категории конфигурации		
	Сложная, нефункциональная	Сложная, но функциональная	Правильная или близкая к правильной, функциональная
Интервалы коэффициента компактности	Более 1,32	1,16–1,31	1–1,15
Корректировка стоимости, %	2,98	1,25	0
Коэффициент конфигурации	0,97	0,99	1

Выводы. Таким образом, индивидуальная оценка рыночной стоимости земель сельскохозяйственного назначения, обремененных ЗОУИТ, должна проводиться с учетом следующих положений:

Во-первых, при индивидуальной оценке рыночной стоимости земель сельскохозяйственного назначения следует исключить из оценки сумму площадей

мелкоконтурных частей земельного участка, образованных режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также наложением при пересечении одних и других и между собой, в связи с невозможностью их использования в деятельности, предусмотренной целевым назначением земель.

Во-вторых, рыночную стоимость земельных участков высокотоварных сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств необходимо рассчитывать с учетом коэффициента регламента в ЗОУИТ, показывающего остаточную эффективность использования *i*-й обремененной части участка и коэффициента, учитывающего площадь и изрезанность участка препятствиями, применяемого ко всему участку в целом, а не к отдельным его частям.

В-третьих, рыночную стоимости садовых, огородных и дачных участков необходимо рассчитывать с учетом коэффициента регламента в ЗОУИТ и поправочных коэффициентов конфигурации *i*-ой обремененной или необремененной частей, образованных режимообразующими объектами, их ЗОУИТ, а также наложением при пересечении одних и других и между собой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руди В.А. Методика оценки контурности сельскохозяйственных угодий / В.А. Руди. – Омск, 1979. – 32 с.

2. Нормативы потребности АПК в технике для растениеводства и животноводства: методические рекомендации по применению. – М.: Министерство сельского хозяйства РФ, 2003. – 45 с.

3. Bykowa E., Sishchuk J. Differenzierung des Katasterwertes von landwirtschaftlichen Flächen in Russland. zfv 140, Heft 2, s. 105–110, 2015.

4. Быкова Е.Н. Оценка земель с обременениями в использовании. Теория и методика [Электронный ресурс]: Монография / Е. Н. Быкова. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 240 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/108330.

5. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 317 от 26.04.2006 г. «Об утверждении Межотраслевых типовых норм выработки на лесокультурные работы, выполняемые в равнинных условиях». – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/420379706.

УДК 339.138

В.И. Воробьев, Н.В. Красноставская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ РЕКЛАМЫ В ВИДЕО НА КАНАЛЕ YOUTUBE

Реклама существует уже несколько тысячелетий и постоянно изменяется. Изначально реклама транслировалась напрямую, передавая посыл рекламодателей через небольшое количество каналов: телевидение, радио, газеты и билборды. Человек видел рекламу и, если она ему нравилась, покупал товар. Позже появился интернет, и количество источников информации возросло, что привело к созданию более изощренных подходов к потребителю. В настоящее время, когда социальные сети стали неотъемлемой частью нашей жизни, а способы передачи информации и принятия решений претерпели сильные изменения, потребители стали быстро терять интерес к устаревающим методам рекламы. Пользователям социальных сетей требовался индивидуальных подход, удовлетворяющий их конкретные потребности [1, 2]. Именно в этот момент появилась интегрированная реклама, заключающая в себе уникальную для каждого потребителя идею.

В статье 3 ФЗ № 38 «О рекламе» приведено следующее определение термина «реклама»: информация, распространенная любым способом, в любой форме и с использованием любых средств, адресованная неопределенному кругу лиц и направленная на привлечение внимания к объекту рекламирования, формирование или поддержание интереса к нему и продвижение на рынке [3].

Интегрированная в видео реклама – это часть видеоролика, спродюсированная автором видео по заказу конкретного бренда и не имеющая отношения к основному содержанию видеоролика.

Актуальность работы заключается в том, что данный сегмент рынка рекламы растет очень быстро, но при этом результаты каждой рекламной интеграции являются трудно предсказуемыми.

Целью работы является выявление особенностей интегрированной рекламы в видео на YouTube.

Методы исследования: анализ, синтез, системный и комплексный подход.

Результаты исследования. YouTube является быстрорастущим видеохостинговым сайтом, на которой каждый человек может загружать, просматривать, оценивать и комментировать видео. По данным на июль 2019 года, месячный охват YouTube составляет 78 054 200 человек [4], что делает его вторым по величине ресурсом в России, охватывающим аудиторию от 18 до 44 лет, после «Первого канала». На сайте можно найти видео абсолютно на любые темы, но наибольшую популярность в России имеют развлекательные шоу и разного рода личные блоги знаменитостей.

Компании чаще всего заказывают рекламную интеграцию у блогеров, аудитория которых совпадает с целевой аудиторией рекламируемого бренда. Высокая вовлеченность пользователей позволяет позитивно воспринимать рекламный посыл [5, 6], а выход видео сам по себе является информационным поводом, что позволяет рекламодателям экономить часть средств на медийном продвижении. Сам же блогер тщательно подбирает бренд, реклама которого не принесет вреда его собственному имиджу [7, 8].

В качестве первого примера рассмотрим рекламу виски Dewar’s у блогера Артемия Лебедева. Артемий является известным путешественником и основателем крупной дизайн-студии. Канал на YouTube блогер ведет уже давно, но только в 2019 году начал выпускать «Самые честные новости», быстро завоевавшие популярность. Ежемесячный охват канала превышает 4 миллиона человек. Особенностью Артемия является его прямота в высказываниях и наличие четкой и аргументированной позиции по многим вопросам, что вызывает доверие к его словам. Преимуществом данной рекламы является статус блогера, а сама личность Артемия вызывает как положительные, так и отрицательные эмоции, нередко разжигающие скандалы и дискуссии. Репутация человека, который во всем ценит качество, показывает в выгодном свете рекламируемый товар, а именно виски Dewar’s. Выход нового выпуска «новостей» всегда с нетерпением ожидается фанатами, а темы, шутки и идеи, представленные в ролике, часто распространяются, тем самым увеличивая охват и вовлекая новую аудиторию.

При этом данная рекламная интеграция имеет ряд недостатков. Аудитория блогера не ограничивается Российской Федерацией: видео смотрят как жители ближайших русскоговорящих стран, так и русскоговорящая аудитория в странах Европы и в США. Это значит, что определенная часть аудитории, не являющаяся целевой, не сможет найти данный товар в магазинах своего города. Также вся рекламная деятельность в России регулируется ФЗ № 38 от 13.03.2006 «О рекламе», исходя из которого не допускается демонстрация потребления алкогольной продукции (в ред. Федерального закона от 18.07.2011 № 218-ФЗ) [3]. Но присутствующая в видео реклама алкогольной продукции никак не регулируется. А так

как любое видео на платформе YouTube является общедоступным, рекламу алкогольной продукции в данном видео могут видеть лица, не достигшие совершеннолетнего возраста.

В качестве второго примера рассмотрим видео на канале «КЛИККЛАК», в котором содержится реклама концертного тура музыкальной группы. Преимуществами данной рекламной интеграции являются развлекательный формат как рекламы, так и самого ролика, а также актерское мастерство и вокальные навыки блогеров. Это придает рекламе более приятный и неформальный вид, что позволяет завоевать внимание целевой аудитории. Основным недостатком данной интеграции является наличие в ней сцен курения и использование блогерами нецензурной лексики, что также, противоречит положениям пункта 5 и пункта 6 статьи 5 соответственно ФЗ № 38 от 13.03.2006 «О рекламе».

В качестве третьего примера рассмотрим музыкальный клип «Comment out» блогера Александра Гудкова, снятый в магазине «Эльдорадо». Клип благодаря простому мотиву стал вирусным и собрал огромное количество просмотров. В видео помимо товаров (холодильников, телевизоров, колонок) видны логотип и слоган компании. Данная интеграция является примером рекламы, которая вызывает приятные ощущения от просмотра и не имеет двузначной трактовки. Уникальные актерские навыки главного героя привлекают внимание и повышают лояльность к бренду, в данном случае к «Эльдорадо».

Приведенные выше примеры можно рассмотреть как пример product placement (продакт плейсмент). Под продакт плейсмент понимается включение в сюжет фильма, передачи, клипа или книги упоминания о бренде, товаре, личности [9].

Продакт плейсмент наиболее часто используется в кино, так как это позволяет показать товар и связать его с определенным образом. В таких случаях товар появляется в кадре, но при этом органично вписывается в повествование. Еще одной особенностью является то, что на рекламируемых таким образом продуктах не заостряется внимание героев фильма. В качестве примера рассмотрим известный фильм Роберта Земекиса «Форест Гамп». В фильме главный герой получает новые кроссовки Nike Cortez (показаны в кадре несколько раз, в том числе крупным планом), а после в них же совершает свой знаменитый забег. Модель после появление в фильме стала культовой, хотя фильм не содержал никакой информации рекламного характера, а лишь органично интегрированное упоминание.

По своей сути, продакт плейсмент, с точки зрения ФЗ «О рекламе», это упоминание о товаре, средствах его индивидуализации, об изготовителе или о продавце товара, «органично интегрированное в произведения науки, литературы или искусства» и не содержит сведения рекламного характера. Соответственно, действия данного закона на него не распространяется.

Именно этим часто пользуются создатели видеороликов на YouTube, игнорируя запреты, распространяемые на оффлайн рекламу, а зачастую, и попросту правила этики и эстетики.

Видеоролики на YouTube также можно рассмотреть, как произведения искусства, но данные примеры нельзя назвать product placement и отнести к пункту 9 статьи 2 по следующим причинам: реклама интегрирована не органично, то есть не является частью основного контента, а также в первых двух случаях содержит сведения рекламного характера. Следовательно, все три вышеперечисленных примера подходят под определение «рекламы», упомянутое в начале статьи и должны регулироваться ФЗ № 38 «О рекламе».

Но, тем не менее, ролики не блокируются и рынок продолжает расти. Такие рекламные интеграции возможны по следующей причине: рекламные ролики, показываемые на данной платформе, прерывают видео, а после показа возвращают пользователя к просмотру. Интегрированная реклама же является часть самого видеоролика и не регулируется рекламной системой платформы. В этом случае рекламная интеграция не идентифицируется площадкой как реклама и регламентируется только правилами размещения видео на данной площадке, а ФЗ № 38 не имеет силы.

Регламентация рекламы в Интернет и, в частности, на канале YouTube является серьезной проблемой на текущий момент. Данный вопрос постоянно поднимается профессиональным сообществом. Так, Ассоциация коммуникационных агентств России (АКАР) совместно с Ассоциацией интерактивных агентств (АИА), достигнув согласия по ключевым принципам этических маркетинговых коммуникаций в сети Интернет, сформулировали свою позицию в соответствующих «этических стандартах», которые в целом сводятся к тому, что этические и правовые нормы регулирования рекламы, принятые в оффлайн среде, не должны пересматриваться в онлайн-среде [10].

АКАР и АИА исходят из приоритета разумных интересов потребителей, полагая, что только соблюдение этих интересов предоставляет рекламодателям и их агентам и консультантам возможности для устойчивого использования любых коммуникационных возможностей. АКАР и АИА обещают лучшие практики саморегулирования коммуникационных процессов в Интернет и полагают, что только сознательность профессионалов рекламного рынка сможет в корне изменить сложившуюся ситуацию [5]. Коммуникация в Интернете не должна использоваться как инструмент злоупотреблений в сфере рекламных коммуникации.

Наиболее сложным для восприятия аспектом является эстетика в рекламе, в том числе рекламы в Интернет. Эстетическая составляющая в рекламных коммуникациях выходит на первый план. Поскольку время контакта потребителя с рекламой постоянно сокращается, рекламщики все чаще прибегают к использованию художественно-выразительных средств рекламы, не всегда задумываясь об их эстетике. Тенденция к интегрированному применению маркетинговых коммуникаций также существенно повлияла на распространение художественных смыслов в рекламе. Они воспринимаются получателями в большей степени чувственно, неосязаемо, не как набор отдельных креативных составляющих (слоган, визуальный образ и т.д.), а как целостное сообщение, вовлекающее в активное действие и, соответственно, формирующее эстетическое восприятие.

К счастью, трендом, закрепившимся в социальных сетях в 2018–2019 годах, стала искренность и честность по отношению к получателям контента. Авторы все больше задумываются о том, насколько эстетичным выглядит выставление напоказ личных или даже интимных постов, демонстрация неправдоподобной «красивой жизни». На смену этому приходят более чувственные посты о несменных жизненных ценностях – любви, заботе, сочувствии и сострадании.

Администраторы социальных сетей и сервисов, безусловно, ограждают пользователя от неэтичного и неэстетичного контента, регулярно вводя новые ограничения. Так, например, соцсеть Instagram, осенью 2018 года обновила алгоритм, выявляющий «серые» IP-адреса, с которых производятся накрутки, что сразу же оказало влияние на сервисы массфолловинга и масслайкинга. Однако главенствующая в формировании этичного и эстетичного контента роль отведена его автору.

Вывод. Интегрированная реклама в видео на YouTube имеет ряд преимуществ, среди которых высокая вовлеченность аудитории, неформальный подход, проецирование положительных эмоций от просмотра видео на бренд или товар и широкое распространение рекламы.

Однако имеется и ряд недостатков, среди которых отсутствие регулирования рекламы со стороны государства и рекламной площадки YouTube, зависимость от артистических способностей блогера и его репутации, неточность охвата целевой аудитории и невозможность исключить рекламу из видеоролика после его публикации. Такая реклама может быстро потерять свою актуальность в случае прекращения деятельности компании рекламодателя или в случае рекламы специальных предложений и акций, так как жизненный цикл видеоролика будет превышать жизненный цикл рекламного объявления.

Исходя из вышеперечисленных особенностей интегрированной рекламы на YouTube следует, что подобный вид рекламы будет наиболее эффективен в случае запуска имиджевой или поддерживающей рекламной кампании, что обусловлено невозможностью исключения рекламы из видео, а также в случае залповой рекламной кампании, так как подобные ролики широко распространяются и основную часть просмотров набирают в первую неделю после появления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bozhuk S., Kozlova N., Krasnostavskaia N., Maslova T. Transformation of mechanism of sales and services promotion in digital environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service (DTMIS-2018). – 2019. – DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012114.

2. Bozhuk S., Krasnostavskaia N., Pletneva N., Maslova T. The problems of innovative merchandise trade in the context of digital environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service (DTMIS-2018). – 2019. – DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012115.

3. Федеральный Закон РФ от 13.03.2006 № 38 «О рекламе» (ред. от 02.08.2019).

4. Официальный сайт Webindex. – URL: https://webindex.mediascope.net/report?id=88155 (дата обращения 08.10.2019).

5. Плетнева Н.А. Алгоритм оценки эффективности продвижения в социальной среде // Маркетинг. – 2008. – № 3 (100). – С. 35–44.

6. Плетнева Н.А. Классификация инструментов системы маркетинговых коммуникаций социальной сферы // Маркетинг в России и за рубежом. – 2008. – № 1. – С. 37–45.

7. Красноставская Н.В. Блог как инструмент продвижения бренда продукции и личного бренда мастера хендмейд индустрии // Практический маркетинг. – 2017. – № 2-1 (240). – С. 47–53.

8. Красноставская Н.В. Уровень вовлеченности и рациональный и эмоциональный стимулы как факторы анализа иерархии коммуникационных эффектов для продвижения хендмейд товаров // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – № 2. – С. 33.

9. Божук С.Г., Колотвина Е.Н., Тэор Т.Р. Бренд-менеджмент. – СПб.: СПбГИЭУ, 2011. – 81 с.

10. Козлова Н.А. Новые вызовы и возможности для применения DIGITAL-маркетинга в условиях турбулентной внешней среды. Сб. «Неделя науки СПбПУ» материалы научной конференции с международным участием. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. Санкт-Петербург, 2016. – С. 287–290.

УДК 339.5

Л.А. Исмоилова, О.В. Воронова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОЦЕСС ТРАНСФОРМАЦИИ МОДЕЛИ МЕЖДУНАРОДНОГО ТУРИЗМА ВЕЛИКОБРИТАНИИ В КОНТЕКСТЕ БРЕКСИТА

В последнее время все большее воздействие на всемирные экономические отношения начинает оказывать международная торговля услугами. Международный туризм представляет собой одну из форм обмена услугами, в соответствии с чем рассмотрение современных реалий торговой политики без оценки тенденций развития индустрии туризма не будет корректным.

Уровень развития туризма в разных государствах существенно различается. Зависит от внутренних условий (уровень жизни, образования, культурные особенности страны) и внешних условий (политические, экономические, социальные). В настоящее время особый

интерес вызывает влияние факторов на сферу туризма в Великобритании, так как там на данный момент происходит активная подготовка к выходу страны из Евросоюза – брексит.

Великобритания всегда отличалась своим особенным ходом развития от других стран мира. В 2016 году, 23 июня прошел референдум, на котором было проведено голосование по поводу выхода Великобритании из Европейского союза. 51,9 % проголосовавших поддержали выход из ЕС. С этого момента начался процесс под названием «брексит», который оказывает колоссальное влияние не только на Британию, но и на весь мир. Официальная дата выхода из ЕС была установлена на 31 октября 2019 года [1], но на данный момент эту дату перенесли и сделали ее гибкой – 31 января 2020 года. Это означает, что Британия может выйти в любой момент до этой даты, если ратифицирует соглашение о выходе [2]. Но на сегодняшний день, уже видно влияние этого процесса на множество факторов, особенно на туризм, что же будет после брексита?

Цель работы – разработка модели развития туризма Великобритании после выхода из Европейского союза, а также определение перспектив продвижения туристической отрасли Соединённого королевства на международном рынке туризма.

Задачи: определить степень влияния референдума на внешнюю экономику, рассмотрение вариантов развития событий после брексита, разработка модели (предложений) для поддержания сферы туризма, как формы внешнеэкономического сотрудничества после выхода из ЕС. Объект исследования – индустрия туризма Великобритании. Предмет исследования – влияние брексита на развитие отрасли международного туризма.

Методы исследования: анализ и синтез информации, экспертные оценки, дедукции и индукции, экономико-статистического и логического анализа, анализ статистических данных, сбор фактов, сравнение.

Результаты исследования. Брексит уже длится 3 года, но уже оказал влияние на торговую политику Англии. Самый наглядный пример – это то, что курс фунтов стерлингов находится сейчас в подвешенном состоянии. На следующий день после референдума, 24 июня, фунт упал сразу же. На рис. 1 отображена динамика курса валюты Соединенного королевства.

Из рис. 1 видно, что за на конец 2016 года фунт упал на 39% по сравнению с началом года. Резкий спад как раз приходится на дату референдума. И за все три года, курс не поднимался выше 92 рублей за фунт. Что касается прогнозов, то они имеют следующую картину: фунт будет то падать, то расти в диапазоне 68–73 руб./фунт [3], а после брексита, «жесткого» или «мягкого», валюта продолжит свое падение. Но с туристической точки зрения это означает, что Великобритания станет более привлекательной и доступной страной для иностранных граждан.



Рис. 1. Динамика курса фунтов стерлингов Соединённого королевства, руб. за 1 GBP, 2016–2019 гг. [3]

Существует несколько вариантов развития событий после выхода Соединенного королевства из Европейского союза.

Во-первых, на данный момент 70% туристов, которые посещают страну, являются граждане Евросоюза [4]. Это связано и с легким прохождением границы, и с выгодными для них в денежном плане путешествиями. Для европейцев характерен отдых на короткий период (2–3 дня), преимущественно в выходные, которые являются «хлебом с маслом» британских туроператов. Туристические организации ожидают также и гражданские волнения, и ухудшение общественного мнения об Англии.

Из этого вытекает второй пункт – так как вся документационная составляющая поездок между странами ЕС проста, после брексита придется оформлять множество документов и платить достаточно большие деньги за визу. Существует такое предположение, что для британцев шенгенская виза будет обходится в 52 фунта, вместо привычных 7 фунтов [5]. Это означает снижение потока туристов не только в саму Англию, но и в другие страны, влияние на экономику всех стран будет видно невооруженным глазом. По прогнозам больше всего пострадает Испания, Ирландия, Мальта и Кипр [6]. С другой стороны, это повлияет на внутренний туризм, который, предположительно, будет продолжать стабильно расти. С точки зрения документов будет еще одна проблема – это Европейская карта медицинского страхования. Она будет недействительна на обеих территориях, из этого вытекают дополнительные расходы и документационная волокита. Следовательно, государственной власти Англии необходимо будет принять ряд законодательных и нормативных актов, направленных на упорядочение и усовершенствование документационных формальностей для туристов.

В-третьих, ожидаются проблемы с членством Европейской Авиационной зоны (ECAA), что позволяет британским авиакомпаниям свободно летать в пределах зоны соседних стран. Следовательно, когда Великобритания покинет ЕС, она перестанет быть частью ECAA, что повлияет на пассажиропоток, работу авиакомпаний, стоимость билетов, а также на время прохождения границы. Но, как утверждает Европейская комиссия, они взяли на себя обязательство заключения соглашений на случай непредвиденных обстоятельств. Также, у Великобритании заключено соглашение об «открытом небе» от имени ЕС с другими странами, а значит, после брексита потребуется время на перезаключение данных договоров [6].

В-четвертых, ЕС и компании, находящиеся в странах этого союза, активно помогают в продвижении туристических продуктов Англии. За их маркетинговую деятельность ежегодно государство выделяет миллионы фунтов стерлингов, и за все годы это сотрудничество имело успех, а после брексита туристическим ассоциациям Британии придется снова налаживать контакты и пересматривать политику в данной сфере, что может затянуться на продолжительный период времени.

Также стоит отметить, что еще неясно, выйдет Великобритания из ЕС «со сделкой» или «без сделки». Но то, что Европейский Союз и премьер-министр Британии Борис Джонсон договорились об отсрочке брексита на конец января 2020 года говорит нам о том, что они хотят разойтись с наименьшими негативными последствиями для обеих сторон. С другой стороны, все же ряд аналитиков утверждают, что выход из ЕС будет иметь отрицательный эффект независимо от способа прекращения отношений, ведь влияние уже оказывается.

На основании проведенного исследования и в качестве *результата исследования* была разработана модель развития индустрии туризма Британии, уже не входящей в состав Евросоюза, на рис. 2.

Из предложенной модели видно, что есть два способа поддержания и развития индустрии туризма Великобритании после брексита.

Во-первых, это увеличение въездного туризма в Британию. Этого можно достичь с помощью вступления во Всемирно Туристическую Организацию (UNWTO), что даст Англии

возможность участвовать в организации и проведении на своей территории различных мероприятий, в особенности событий, связанных с бизнесом. Членство в этой организации поддержит развитие делового туризма. Также сотрудничество со странами, не входящими в ЕС, такие как Китай и Россия. Британия может немного упростить процесс получения их визы для этих стран, плюс можно информировать китайцев и россиян о высококлассном уровне образования в Соединенном Королевстве, что будет взаимовыгодно для обеих стран. Также, Салли Балкомб, генеральный директор VisitBritain и VisitEngland, отмечает, что «новые рынки растут очень хорошо: Китай, Индия, Ближний Восток, Бразилия» [4]. Эти страны станут привлекательным сегментом для маркетинга Англии, что поможет бизнесу устоять в неясную политическую ситуацию.

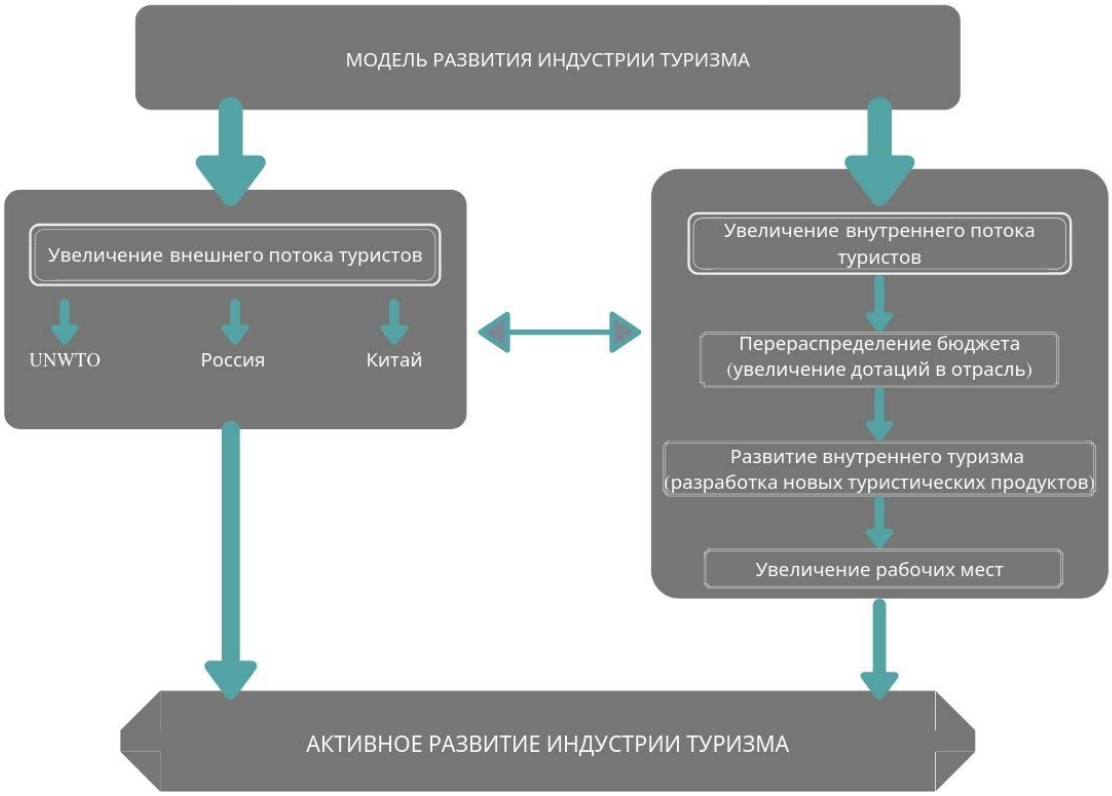


Рис. 2. Модель развития индустрии туризма после выхода из ЕС

Во-вторых, внимание на внутренний туризм Англии. Парламент «вышел» на улицы Лондона перед референдумом с лозунгом, что деньги, которые они ежегодно выделяют в ЕС, они могли бы перераспределить на внутренний рынок страны. Исходя из их намерений, нужно инвестировать в туристические организации, в их открытие и развитие, помогать им в выходе на международный рынок. Это обеспечит стране появление новых рабочих мест, которых, скорее всего, будет не хватать из-за закрытия международных компаний. А сфера туризма может обеспечить работу различным специалистам, начиная бухгалтером и заканчивая IT-специалистом.

Выводы. В условиях глобализации государствам для успешной деятельности на туристском рынке необходимо выработать общие «правила игры», несмотря на любые процессы, протекающие внутри страны или при взаимодействии с другими государствами. Поэтому Великобритании все равно придется руководствоваться международными стандартами предоставления услуг при формировании своей стратегии развития индустрии

туризма. Проведенный анализ влияния брексита на индустрию туризма Великобритании показал, что:

политические аспекты оказывают огромное влияние на развитие индустрии туризма;

происходит процесс перераспределения потоков туристов между традиционными и инновационными туристскими направлениями;

необходимо принятие новых законодательных и нормативных актов, направленных на упорядочение и совершенствование туристских формальностей;

возможное сокращение инвестиционной активности в экономике туризма необходимо нивелировать с помощью повышения уровня развития новых технологий и туристических продуктов в сфере туризма.

Брексит – это в первую очередь политическое действие, а не экономическое. Поэтому можно провести аналогию с введением санкций против России с 2014 года. Данное политическое действие со временем помогло нашей стране раскрыть потенциал наших ресурсов и возможностей. Наше государство начало использовать скрытые резервы, что способствовало развитию наших собственных производств. Поэтому брексит поможет Великобритании развить их собственную и независимую индустрию туризма. Конечно, в течение 2–3 лет будет наблюдаться спад в потоках туристов и будут проблемы с различными последствиями брексита со стороны ЕС, но после этого периода сфера туризма Соединенного королевства будет активно развиваться, за счет высокого уровня предоставления услуг и многолетнего опыта в данной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выход Великобритании из Европейского союза [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Выход_Великобритании_из_Европейского_союза (дата обращения 04.10.2019).

2. Брексит снова отложен. Евросоюз дал Британии отсрочку – до 31 января [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bbc.com/russian/news-50207971 (дата обращения 28.10.2019).

3. Конвертер фунта стерлингов Соединенного королевства [Электронный ресурс]. – URL: https://www.banki.ru/products/currency/converter/gbp/ (дата обращения 04.10.2019).

4. Интервью из газеты «Ведомости» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vedomosti.ru/business/characters/2019/09/10/810957-direktor-agentstva-razvitiyu-turizma (дата обращения 06.10.2019).

5. Брексит поставит на край пропасти турбизнес Ирландии и Испании [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tourprom.ru/news/40763/ (дата обращения 05.10.2019).

6. Simon Kyte, David Goodger, Helen McDermott. ‘No-deal’ Brexit to knock 2% off travel and tourism GDP – Oxford Economics: 2018 (дата обращения 05.10.2019).

УДК 339.37

М.А. Максимова, И.Н. Жилинкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТОРГОВЛЕ В РЕГИОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На сегодняшний день известно, что российская экономика находится на пути инновационного развития, основу которого составляет Стратегия инновационного развития РФ до 2020 года. Её главные миссии – обеспечить высокий уровень благосостояния населения и сделать РФ одним из лидеров на политической арене с помощью решения проблем, связанных со сферой массовой информации, производственной, управленческой, образовательной и торговой. Считается, что становление прогрессивной экономики является

крайне важной задачей для России, ведь именно с помощью её внедрения возможно сохранение позиции РФ как равного члена группы развитых стран. В представленной статье рассматриваются перспективы применения инновационных технологий во внутренней розничной торговле в Российской Федерации на современном этапе.

Актуальность работы заключается в том, что на современном этапе розничную торговлю в России нельзя назвать особо инновационной отраслью. Тем не менее, существуют регионы, где наблюдается позитивный опыт внедрения прогрессивных технологий. Примером такого региона может служить Москва, так как все самое новое и инновационное тестируется именно в столице.

Степень технологического развития регионов нашей страны можно оценить по рейтингу инновационных регионов РФ, основанный на 29 индикаторах, в числе которых интенсивность затрат на технологические инновации, доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте, интенсивность проведения публичных инновационных мероприятий. Разработчиком рейтинга является Ассоциация инновационных регионов России (АИРР). Согласно его результатам, лидерами в 2018 году являются Санкт-Петербург, Татарстан и Москва. В группу сильных инноваторов входят следующие области: Томская, Московская, Новосибирская и Калужская [1].

В отраслевом разрезе, с нашей точки зрения, наиболее высокий уровень развития инновационности демонстрирует ритейлер X5 Retail Group, в который входят такие торговые сети как «Пятёрочка», «Перекрёсток» и «Карусель». Уверенность в том, что конкурентные преимущества торговых сетей, будут зависеть от совокупности IT-решений, побуждает топ-менеджеров X5 Retail Group развивать системный подход в стратегиях интеграции инновационных технологий в розничную торговлю. В супермаркетах данного ритейлера наиболее широко распространены базовые достижения инноватики торговой сферы: возможность оплаты банковской картой или же бесконтактный способ; использование прайс-чекеров, внедрение которых обуславливается, прежде всего, низкой ценой и быстрой окупаемостью.

Торговые точки сети расположены действительно по всей России. В Центральном федеральном округе всего 6166 торговых точек данного ретейлера, в Северо-Западном – 1800, в Южном – 1396, в Северо-Кавказском – 276, в Приволжском – 4158, в Уральском – 1312, в Сибирском – 644 [2]. Следовательно, если X5 Retail Group является самым инновационным ретейлером РФ, и его супермаркеты расположены на всей территории нашей страны, то можно составить рейтинг регионов по уровню использования инноваций в торговых сетях. Здесь на первое место выходит Москва, затем Санкт-Петербург, Московская, Ленинградская, Смоленская, Тверская и Калужская области. Таким образом, данный рейтинг строится в принципе на внедрении прогрессивных технологий, иными словами, супермаркеты и гипермаркеты перечисленных регионов, использующие хоть какие-то достижения инноватики, занимают первые места, в то время как для областей ниже по рейтингу использование, например, электронного кошелька с помощью смартфона это далекое будущее, что говорить о внедрении автономных роботов-консультантов.

Таким образом, пока достижения инноватики внутренней торговли будут использоваться только в таких крупных городах как Санкт-Петербург и Москва, Россия будет отставать в своем прогрессивном развитии от США и Европы. Для того, чтобы повысить общую степень инновационности ретейлеров всей страны, нужно понять, что РФ не ограничивается только большими мегаполисами, и начинать активно распространять прогрессивные технологии в регионы.

Цель работы – оценить текущий уровень инновационности торговой отрасли в Москве и определить, что можно взять в качестве полезного опыта для других регионов России.

Задачи. Изучить практику применения инновационных технологий в розничной торговле на примере г. Москвы. Рассмотреть экономические издержки и эффект от внедрения инновационных технологий в розничной торговле.

Методы исследования. Метод научной абстракции, анализа и синтеза, индукции и дедукции.

Результаты исследования. Обозначить способы, позволяющие ускорить процесс внедрения инновационных технологий в розничные сети регионов РФ.

На сегодняшний момент инновационные технологии в розничной торговле – это искусственный интеллект, направленный на упрощение операций торговли, обеспечение безопасности и контроля, усовершенствование технологий продаж.

Если говорить о Москве, то столица возглавляет топ регионов по обороту розничной торговли, так как здесь открыто около 5 тысяч супермаркетов, а оборот по результатам 2018 года составил 3,01 трлн рублей. Основные розничные сети, пользующиеся популярностью – «Лента» (31 магазин), «Перекресток» (130 магазинов), «Пятерочка» (800 магазинов), «Ашан» (29 магазинов), «Магнит» (210 магазинов) и «Карусель» (15 гипермаркетов) [3]. Если говорить о внедрении прогрессивных технологий в розничной торговле, то по сравнению с США и Европой, Россия только вступила на путь инновационного развития розничной торговли, и прогрессивные технологии в супермаркеты внедряются очень медленно. Так, например, кассы самообслуживания в Голландии используются уже с 2003 года, когда в нашей стране они появились только в 2013, и то сначала только в Москве. Стоит отметить, что на сегодняшний момент Москва – самый прогрессивный город, если говорить об уровне развития инновационных технологий в розничной торговле, по сравнению с регионами, где все ограничивается использованием касс самообслуживания и прайс-чекерами. Однако, даже в столице достижения инноватики за 2017-2018 года применяются в очень маленьком проценте супермаркетов. «Лента», например, использует своих автономных роботов только в 7 магазинах, а новые технологии в «Пятерочке» и «Перекрестке» существуют лишь в единичных магазинах-лабораториях. Другими словами, Москва имеет высокий уровень инновационности относительно регионов РФ, но относительно мира – нет [4–6].

Рассмотрим позитивный опыт московских торговых сетей по внедрению инновационных технологий в розничную торговлю, который уже сейчас можно распространять в регионы.

Первый пример инновации – это касса ITAB Twin Flow, внедренная в крупнейшую розничную сеть «Лента». Она представляет собой кассу самообслуживания, оснащенную транспортной лентой, по которой купленные товары двигаются прямо в накопительный блок и остаются там. Сокращение времени ожидания и более комфортное нахождение в кассовой зоне – вот два главных плюса этого новшества. Тестируемые кассы удобны для людей с большим количеством товаров в тележке. С их помощью можно обслуживать 2 человека одновременно: пока один покупатель упаковывает приобретенный товар, другой может сканировать свои товары и расплачиваться, не мешая первому. Это возможно благодаря тому, что блок тестируемых касс представляет собой две части [4].

Эффект от использования данной инновации таков, что в зоне самообслуживания на основе технологии Twin Flow может обслуживаться на 2–3 покупателя больше в сравнении с обычными кассами и человек экономит до 30 минут собственного времени. Главный смысл внедрения данной инновации – пропадает необходимость проводить время в очереди и контактировать с персоналом супермаркета, быстрая и удобная оплата покупок – то есть более оптимизированный и простой процесс приобретения товаров [4].

Другой пример внедрения инновационной технологии – использование автономных роботов в новых супермаркетах «Лента». В сеть внедряются роботы второго поколения компании Promobot, которые могут самостоятельно передвигаться по залам, знакомить

покупателя с акциями и новостями торговой сети, помогать ориентироваться в выборе. Также они распознают лица посетителей и приветствуют их при встрече. С помощью таких роботов совершать покупки в разы проще: клиент просто сообщает роботу список покупок или же свои предпочтения, и искусственный интеллект сразу же выдает информацию либо о том, где можно найти желаемый товар, либо же помогает с выбором, ориентируясь на желания человека. В итоге исчезает необходимость траты времени и сил на поиск нужного покупателю товара, и, более того, клиент максимально удовлетворен своей покупкой, так как она наиболее подходит под его предпочтения [4].

Еще одним из перспективных примеров применения новых технологий в розничной торговле является система видеоконтроля очередей в крупнейшей сети магазинов «Перекресток». Искусственный интеллект анализирует загруженность касс, занятость кассиров и количество людей в очереди. Если покупателей больше 2–3 человек, то система уведомляет кассиров, что нужно вернуться к своим рабочим местам и приступить к обязанностям. Как показывает статистика, после внедрения этого нововведение количество жалоб снизилось в 1,5–2 раза, а число чеков на одну кассу возросло на 9%. Эта технология так же позволяет ускорить обслуживание клиентов, то есть покупатель экономит и время, которое он тратит на проведение в очереди, и нервы [5].

Для обеспечения контроля за продуктами в одном из магазинов сети «Пятёрочка» в 2018 году была внедрена система электронных ценников. По статистическим данным, персонал супермаркета тратит около 10% своего рабочего времени на расстановку ценников, при этом зачастую они либо не соответствуют товару, либо вообще отсутствуют. Электронные же ценники легко обновляются за несколько минут с помощью центральной системы управления: изменить можно как их значение, так и расположение (на случай, сели товар стоит в другом месте). Более того, на них указывается срок годности продукта. Еще один плюс такого новшества – покупатель может найти нужный ему товар в мобильном приложении и на ценнике загорится датчик, указывающий на этот продукт. Главная идея этой инновации – обеспечение клиента достоверной информацией о цене продукта и о его качестве; упрощенный поиск товара, следовательно, ускорение приобретения покупки [6, 7].

Таким образом, эти примеры доказывают, что данные инновации, появившееся примерно в один период (2017–2018 года), оптимизируют и упрощают процесс покупки во много раз.

Но есть ли способы ускорения внедрения прогрессивных технологий в супермаркеты, находящиеся за пределами Москвы? Это достаточно сложный вопрос, потому что главная причина, почему новые технологии не внедряются в розничные магазины регионов РФ – это дорогостоящее оборудование. Если говорить о стоимости перечисленных выше инноваций, то цена кассы составляет около 1,1 млн. рублей, цена робота – 920 тысяч рублей, электронные ценники – 238 тысяч рублей, камеры с искусственным интеллектом – около 1 миллиона рублей.

Наиболее перспективной технологией видится использование автономного робота-консультанта от компании «Promobot». Так, рассмотрим пример внедрения инновации в супермаркет «Пятерочка», находящийся в городе Бологое, Тверской области. Для нормального функционирования магазина необходимое количество кассиров – 4 человека, но, так как они работают посменно, то всего получается 8 работников. Средняя заработная плата кассира – 24 000 рублей; с учетом НДФЛ, страховых взносов и взносов в ФНС (всего около 35%) – работодатель тратит около 32 000 рублей. Общая прибыль данного супермаркета – 8,7 млн, расходы – 8,58 млн прибыль (из которых 3,1 млн – зарплаты кассиров), чистая прибыль – 120 000 рублей. Если заменить одного человека-кассира автономным роботом-консультантом, то это действительно окупится уже через 2 года, так как на оборудование будет затрачено около 4,4 млн рублей (4 робота стоимостью 920 000 рублей, растаможивание

каждого – 10%, обслуживание – 5%, налогообложению не подлежит), а на зарплаты сотрудников – примерно 6,2 млн рублей. Однако, если задействовать только чистую прибыль данной точки «Пятерочки», то приобретение только одной единицы инновации будет возможно через 8 лет (при условии сохранения такого же товарооборота). Это очень долгий срок, так как, во-первых, средний срок жизни предприятия обычно 4–8 лет, а во-вторых, это оборудование уже устареет к тому моменту, когда супермаркет сможет позволить себе его приобретение.

Выводы. Однако, думается, что ускорить процесс внедрения инноватики в регионы РФ все же возможно несмотря на дорогостоящее оснащение. Первый вариант – владельцы крупных сетей магазинов могут вести переговоры с поставщиками о снижении цены на их инновационное оборудование. Например, компания приобретает оборудование для всех своих супермаркетов, но за оптовую покупку поставщик делает им скидку, либо же предоставляет возможность взять кредит под сниженный процент, либо же хотя бы предоставляет долгосрочную гарантию на обслуживание. Второй способ – поиск более дешевых альтернатив, но, как показывает практика, даже и эти варианты не особо отличаются в цене. Третий вариант – начинать разработку отечественного оборудования продукта по типу импортного, приобретение которого, как кажется, будет менее затратно и покупать и внедрять. Более того, можно снизить таможенную комиссию для импортного оборудования при благоприятных условиях на внешнем рынке или же, наоборот, в случае «торговой войны» повысить стоимость растаможивания для стимуляции собственного производства.

Итак, процесс введения инноваций в розничную сеть регионов России происходит очень медленно. Люди, живущие за пределами Москвы и Санкт-Петербурга, только сейчас начинают привыкать к тем новшествами, которые Запад и США уже используют уже много лет. Существует ряд факторов, тормозящих распространение прогрессивных технологий в супермаркеты регионов (высокая стоимость оборудования, трудности с поиском достоверной информации о данных технологиях, неготовность и консервативность людей к инновациям). Тем не менее, в последние годы происходит процесс активного освоения инноваций крупными ритейлерами РФ, что позволит в скором времени на один уровень с розничными сетями Европы и США. Эксперименты по внедрению инноваций в супермаркеты Москвы доказали, что они действительно позволяют улучшить процесс покупки в разы, следовательно, положительный опыт столицы можно уже применять в регионах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рейтинг инновационных регионов России. – Режим доступа: http://www.i-regions.org/reiting/rejting-innovatsionnogo-razvitiya.

2. География присутствия. – Режим доступа: https://www.x5.ru/ru/Pages/About/WhereWeOperate.aspx.

3. Розничные сети Москвы и Московской области. – Режим доступа: https://www.retail.ru/articles/roznichnye-seti-moskvy-i-moskovskoy-oblasti-v-2018/.

4. «Лента» тестирует новые технологии самообслуживания. – Режим доступа: https://lenta.com/o-kompanii/news/lenta-testiruet-novye-tehnologii-samoobsluzhivaniya/.

5. Экспериментальный «Перекресток» – новый этап эволюции бренда. – Режим доступа: https://www.retail.ru/photoreports/eksperimentalnyy-perekrestok-novyy-etap-evolyutsii-brenda/.

6. Кибермаркет: Как устроен магазин-лаборатория «Пятерочка». – Режим доступа: https://www.the-village.ru/village/business/management/330341-innovatsionnaya-pyaterochka.

7. «Пятёрочка». – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%8F%D1%82%D1%91%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0.

УДК 339.133.017

П.И. Пушкина, Л.П. Нилова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СПРОСА НА РЫНКЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ

В настоящее время любой потребитель имеет достаточно разнообразный выбор товаров. При этом покупателей много, и все они отличаются потребностями, платежеспособностью и другими характеристиками, что формирует основные мотивации при выборе товара. В зависимости от мотиваций, которые будут побуждать к приобретению товаров потенциальных потребителей, компании-производители должны разделить рынок на сегменты и изучить их основные потребности [1]. Особенно это важно при продвижении пищевых продуктов, предназначенных не только для массового потребителя, но и для отдельных его категорий, мотивации которых связаны с состоянием здоровья, традициями и другими факторами.

В настоящее время все в большем объеме в розничной торговле стали предлагать различные напитки из растительного сырья, так называемое «растительное молоко», в качестве альтернативы базовому коровьему молоку. Продажи растительного молока в крупнейших розничных сетях России растут: в первом квартале 2018 года продажи прибавили 154% в натуральном и 119% в денежном выражении. Всего российские потребители за 2017 год потребили 1,7 млн литров «молока» растительного происхождения [2].

Цель работы – изучение факторов, обуславливающих формирование потребительского спроса на рынке растительных напитков.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

определить целевых потребителей растительных напитков;

изучить причины потребления растительных напитков;

провести анализ товарного предложения растительных напитков и предпочтений потребителей.

Методы исследований. Для исследования был проведен интернет-опрос в социальной сети «ВКонтакте» с использованием Google формы. Для прохождения опроса приглашались участники специализированных групп. Количество опрошенных составило 100 человек. Большинство опрошенных женского пола (76 %), и проживают в Санкт-Петербурге или Ленинградской области (88 %). Возраст респондентов – от 18 до 60 лет.

Результаты исследований. При сегментировании рынка, можно выделить три основные категории потребителей (см. рис. 1). Во-первых, это те люди, которые не могут использовать в питании молоко животного происхождения, в виду состояния здоровья. Одной из главных причин отказа является непереносимость молочного углевода – лактозы или аллергия на белок коровьего молока. На сегодняшний день непереносимость лактозы у населения проявляется у нескольких миллионов людей по всему миру. В России частота лактазной недостаточности составляет от 10 до 75 % населения, что обусловлено различными регионами проживания и этническим разнообразием населения нашей страны [3].

Во-вторых, это люди, которые осознанно отказываются от продуктов животноводства, например, приверженцы вегетарианства/веганства. Статистических данных о количестве вегетарианцев и веганов в современной России, как и репрезентативных социологических исследований этих субкультур мало. По данным [4], число убежденных вегетарианцев в России на 2013 год составляло 4 % (в 2008 году было 3 %), в то время как в мире – 10 %. К категории людей, которые самовольно отказываются от молока, можно отнести людей, придерживающихся религиозного поста. Однако обычно религиозные посты имеют

ограниченный срок и тогда, эта группа людей переходит с растительного молока на традиционное коровье.



Рис. 1. Категории потребителей растительных напитков



Рис. 2. Причины потребления растительных напитков, %

В-третьих, это те потребители, которым нравится вкус таких растительных напитков. К ним можно отнести людей, потребляющих растительные напитки за компанию с родственниками/друзьями. Это может быть группа людей, которая придерживается определенной диеты и считает, что растительное молоко полезно для организма.

По результатам исследования, на вопрос «Почему вы потребляете растительные напитки» больше трети опрошенных (36,0%) ответили, что им нравится вкус напитков (см. рис. 2). Так как вопрос предполагал множественный выбор ответов, некоторые потребители, которые относятся к категории аллергиков или веганов выбирали и этот ответ (33,0%). То есть 24 потребителям из опрошенных просто нравятся вкусовые качества исследуемых напитков. Всего 2% респондентов имеют непереносимость лактозы и при этом придерживаются вегетарианства.

У большинства опрошенных аллергиков (71%) имеется аллергия/непереносимость лактозы. 21% не переносит белок коровьего молока, из которых 67% имеют аллергию и на лактозу. 8% опрошенных имеют другие непереносимости, из-за которых не могут нормально потреблять напитки из молока, к примеру, аллергия на красители и загустители.

Основным компонентом для производства растительных напитков всегда была соя. Сейчас на рынке г. Москва и г. Санкт-Петербург более 22% из всех реализуемых напитков производится на основе соевых бобов (см. рис. 3). Однако в последнее время все чаще стали

использоваться и другие компоненты: кокос, овес, миндаль и рис. Набирает популярность производство овсяных напитков, доля которых на рынке приближается к соевым напиткам, и составляет почти 20%. Их преимущественно изготовляют российские компании, так как сырье имеет предсказуемую себестоимость, урожайность, а также недорогую логистику. На рынке есть напитки и из других видов орехового сырья, таких как кешью, кокос, фундук, кедр. Среди них лидируют кокосовые напитки с удельным весом 19,66%. Нередко встречаются напитки с различным сочетанием растительных компонентов, например, напитки из риса и миндаля, или же риса и кокоса. Наименее популярным сырьем при производстве подобного рода напитков является гречиха и пшеница. В виде самостоятельного напитка на основе риса или пшеницы, они практически не производятся.

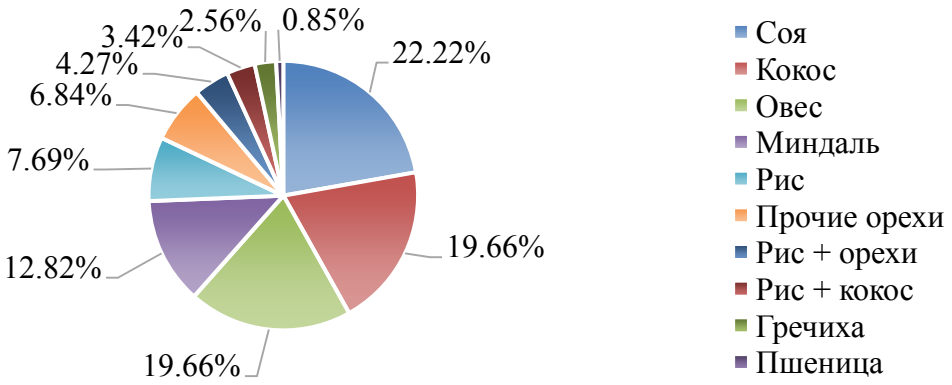


Рис. 3. Структура ассортимента растительных напитков в интернет-магазинах г. Москва и г. Санкт-Петербург в зависимости от сырья

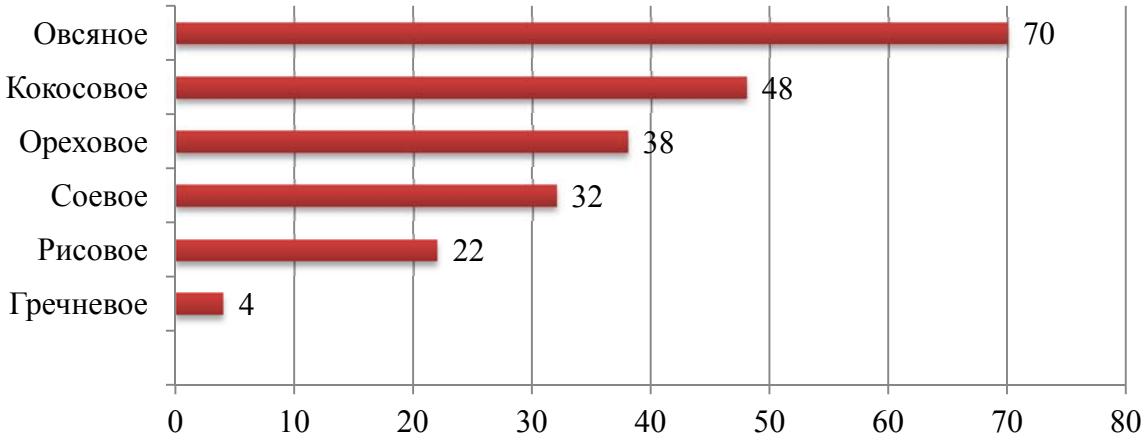


Рис. 4. Предпочтение потребителей растительных напитков в зависимости от сырья, %

Для выявления потребительских предпочтений респондентов, был задан вопрос: «Напитки из какого растительного сырья вы предпочитаете?», с возможностью выбрать сразу несколько видов сырья (см. рис. 4).

Наиболее популярным напитком стали напитки, в которых основным сырьем является овес – 70% опрошенных выбрали именно его. Такой выбор потребителей можно связать с тем, что на рынке появилось много продуктов на овсяной основе преимущественно российских марок, например, «Nemoloko», «Velle», стоимость которых ниже, чем стоимость других импортных напитков. Большое количество респондентов выбрали напитки из кокосового и орехового сырья. Интересно, что соевые напитки заняли лишь 4 позицию по популярности. Возможно, это связано с тем, что потребители устали от продуктов из этого сырья. Хотя, такую

ситуацию можно объяснить насыщением сырьевого рынка продуктами переработки генетически модифицированных сортотипов сои и осторожным отношением потребителей к этому растению [4].

Среди вегетарианцев самым популярным напитком стали напитки с использованием овсяного сырья, тогда как аллергики отдали свое предпочтение кокосовому (см. рис. 5).

Овсяные и ореховые напитки у аллергиков вторые и третьи по популярности. Напитки из соевого и рисового сырья больше предпочитают люди, не имеющие каких-либо заболеваний или убеждений. В то же время они оказались наименее популярным, как у вегетарианцев, так и у аллергиков. Напитки на основе гречневого сырья из специализированных категорий потребителей не выбрал никто, только потребители, которым приходится по вкусу напитки из этого растения.

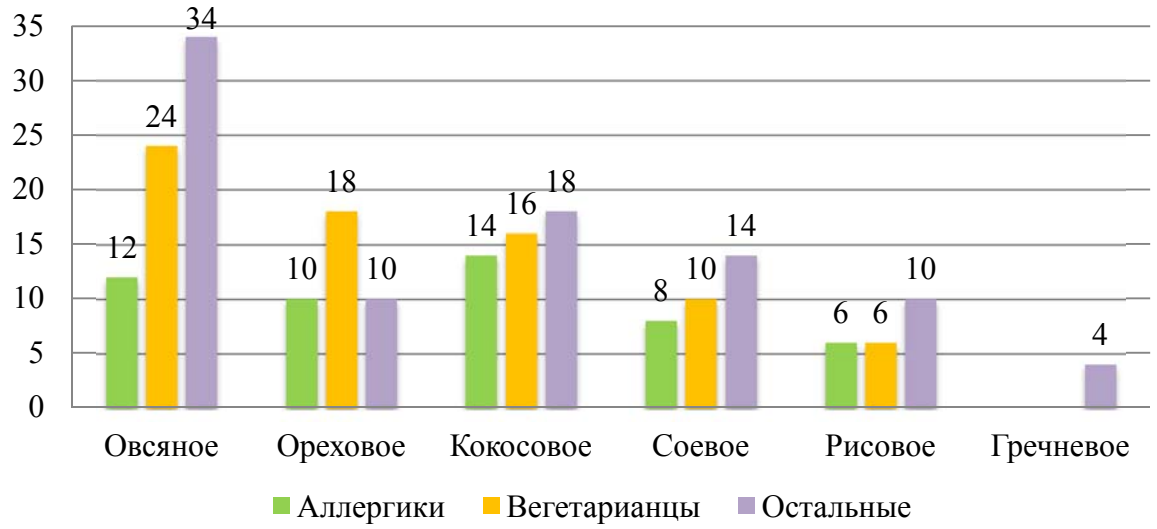


Рис. 5. Предпочтение отдельных групп потребителей растительных напитков в зависимости от используемого сырья, %

Выводы. Установлены целевые потребители на рынке растительных напитков: потребители с непереносимостью животного молока; потребители, придерживающиеся вегетарианства/веганства; потребители – любители растительных напитков.

Потребительский опрос показал, что большинство потребителей приобретают растительные напитки из-за их высоких вкусовых качеств. В их число вошли, как традиционные потребители, так и приверженцы вегетарианства/веганства.

Самыми популярными растительными напитками являются напитки на овсяном сырье, что может быть связано, как с вкусовыми предпочтениями, так и большей долей присутствия на рынке. Потребители, страдающие лактазной недостаточностью или имеющие аллергию на молочный белок, отдают свое предпочтение второму по популярности напитку – кокосовому. Напитки из гречневого сырья в наибольшей степени интересуют потребителей, не имеющих каких-либо убеждений или отклонений в здоровье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лоскутова С.Н. Сегментирование рынка: второстепенная задача или первая необходимость // Проблемы экономики и менеджмента. 2012. С. 91–94.

2. Аникин Т.В., Зайцев Д.В., Рыбченко Т. В. Актуальность разработки низколактозных и безлакозных продуктов на основе молочной сыворотки и анализ способов их производства // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике. 2018. С. 308–312.

3. Зарубина Н.Н. Вегетарианство в России: Индивидуальный выбор против традиций // Историческая социология и психология истории. 2016. С. 137–154.
4. Егорова Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3. С. 25–34.

УДК 339.3

Е.Р. Румянцева, И.В. Капустина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕСТО И РОЛЬ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТОРГОВЛИ В РЕАЛИЗАЦИИ ТОРГОВОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Уровень развития экономики в Российской Федерации требует разработки внутренней торговой политики государства. В этой связи необходимо определить доминирующие инструменты, меры и механизмы, а также отраслевые программные документы, которые будут способствовать эффективному развитию торговой отрасли. Одним из таких документов является Стратегия развития торговли в Российской Федерации.

Методы исследования. В рамках данной работы применялись эмпирические методы исследования, так как они помогают не только собрать факты, но и проверить их, а также теоретические методы, позволяющие произвести логическое исследование собранных факторов и сделать умозаключения и теоретические выводы.

Цели и задачи работы. Целью исследования является определение места и роли стратегии развития торговли, как базового документа реализации современной торговой политики Российской Федерации. Для достижения поставленной цели в исследовании решены следующие задачи: дан критический анализ существующих понятий торговой политики, предложен авторский подход к определению ее сущности, характера и целей, выдвинута идея о саморегулирующихся организациях, как основного звена регулирования отрасли, определены роли малых торговых предприятий и автоматизированной торговли в развитии торговой деятельности.

Анализ нормативной и правовой базы в области внутренней торговли показал, что в настоящее время теоретические основы торговой политики в целом не разработаны, более того нет четкого понятия, что она должна представлять, как функционировать и чем регулироваться. В настоящее время определение торговой политики зафиксировано в двух источниках. В национальном стандарте РФ ГОСТ Р 51303-2013 "Торговля. Термины и определения" она определена как «Совокупность организационных, правовых, экономических, информационных и иных мер, реализуемых органами государственной власти, органами местного самоуправления и хозяйствующими субъектами, а также их объединениями в связи с организацией и осуществлением торговой деятельности в соответствии с законодательством» [1]. В Федеральном законе от 08.12.2003 N 164-ФЗ "Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности" в статье 5 сказано, что «Торговая политика Российской Федерации является составной частью экономической политики Российской Федерации. Целью торговой политики Российской Федерации является создание благоприятных условий для российских экспортеров, импортеров, производителей и потребителей товаров и услуг. Торговая политика Российской Федерации строится на основе соблюдения общепризнанных принципов и норм международного права, а также обязательств, вытекающих из международных договоров Российской Федерации» [2]. Таким образом, в двух базовых государственных документах имеется явное противоречие, а именно – первое определение относится к внутренней торговле, а второе к внешней, хотя и то и другое носят одинаковые названия. На наш взгляд, необходимо внести изменение в закон «Об

основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности" и представленное в нем определение торговой политики переименовать во внешнеторговую политику.

На данный момент главным документом, отражающим вопросы регулирования внутренней торговли, является Федеральный закон «Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации» от 28 декабря 2009 года. В нем установлены полномочия органов исполнительной власти на федеральном уровне и органов местного самоуправления в области торговой деятельности, требования к организации и осуществлению торговой деятельности, а также меры по ее развитию [3]. Этот документ никак не определяет торговую политику. Необходим единый документ, в котором бы нашло отражение как регулирование с помощью государственных инструментов, так и с помощью рыночных, была бы сформирована четкая, но при этом гибкая система взаимодействия субъектов потребительского рынка между собой, с производителями, потребителями и с государством. Таким документом и должна стать внутренняя торговая политика Российской Федерации.

В сентябре 2019 года был опубликован проект стратегии развития торговли в Российской Федерации до 2025 года [4]. Его предшественником была «Стратегия развития торговли в Российской Федерации на 2010–2015 и период до 2020 года» [5]. Она была сформирована на основе двух документов. Первым основанием для разработки являются «Мероприятия по совершенствованию государственного регулирования в сфере торговли с целью развития торговой деятельности и формирования эффективной торговой политики в Российской Федерации в 2009 году» [6]. Вторым основанием – «Концепция долгосрочного социально-экономического развития в Российской Федерации до 2020 года» [7].

Цель новой Стратегии не изменилась за последние 5 лет и заключается в формировании комфортной среды для граждан и субъектов предпринимательской деятельности, что возможно достичь, при условии удовлетворения интересов трех участников отношений в сфере торговли, а именно: интересов потребителя, производителя и предпринимателя. Очевидно, что данная цель полностью согласуется с целью торговой политики. На наш взгляд, целью торговой политики является создание благоприятных условий для всех типов и видов предпринимательских структур в различных сегментах торговли и общественного питания.

Для потребителя комфортной потребительской средой будет являться та среда, при которой он сможет приобретать товар при сочетании факторов разнообразия, стабильности и доступности.

В связи с этим, авторами были выделены следующие основные задачи Стратегии:

1. Развитие многоформатной торговли.
2. Развитие оптового продовольственного звена.
3. Развитие стрит-ритейла в городах.
4. Развитие саморегулирования в торговле, самоорганизации и кооперации.
5. Дерегулирование в сфере торговли.
6. Улучшение имиджа торговой отрасли.

По всей Стратегии прослеживается мысль о том, что необходимо ослабить административное давление на бизнес, а также уменьшить влияние государства на экономику. Это особенно важно для развития торговли, которое может протекать естественно, без вмешательства органов власти, так как в условиях высококонкурентной среды спрос на тот или иной формат магазина формируется рынком. Задача государства должна заключаться лишь в содействии и установлении прозрачных правил и условий для развития предпринимательства в России. Государство в законе о государственном регулировании должно четко определить границы регулирования торговой деятельности, устранить отсутствие системности в действующей нормативной правовой базе, регулирующей отношения в сфере торговли, и создать условия для реализации торговой политики, составной

частью которой будут является задачи, поставленные в стратегии развития торговли. Рассмотрим предлагаемые действия по решению этих задач, в качестве основ для внутренней торговой политики Российской Федерации.

Государственное регулирование в области торговли может быть частично заменено саморегулированием торговых организаций. Степень вмешательства государства в торговлю должна сводиться к минимуму, давая предприятиям экономическую независимость. Саморегулирование как инструмент регулирования торговой политики будет эффективен только в том случае, если предприятия будут относиться к этому добровольно и осознанно. Схема саморегулирования будет сводиться к тому, что среди предприятий будут создаваться объединения профессиональных сообществ, внутри которых каждый будет отвечать друг за друга. В таком сообществе любое предприятие дорожит своей репутацией, а нарушение чьих-либо прав будет вести к исключению из объединений без возможности восстановления. Таким образом, не должно возникать нарушений, а значит и сомнений в порядочности деятельности организации. Такое членство гарантирует обеспечение прав, как производителей, предпринимателей и потребителей.

В Российской Федерации прослеживается недостаток торговых площадей. Россия уступает в этом развитым странам мира примерно в 2 раза. Это проблему целесообразно решить через увеличение торговых площадей за счет увеличения числа малых и средних торговых предприятий, среди которых сейчас наблюдается тенденция по сокращению, что происходит из-за недружественного к ним отношения региональных и местных властей. Таким образом, будет возможно решить сразу две проблемы [8, 9].

Малые предприятия торговли также помогут реализовать задачи, поставленные политикой импортозамещения на потребительском рынке в России, среди которых: защита и развитие отечественных производителей, создание развитой инфраструктуры и развитие здоровой конкуренции [10].

Также предприятия малой торговли вносят огромный вклад в формирование бюджета страны за счет отчислений, а еще они обеспечивают население высококвалифицированными рабочими местами, что влечет за собой уменьшение безработицы и повышение уровня занятости в стране.

Проблема территориального размещения торговых объектов заключается в том, что малые форматы торговли чаще всего размещают в местах с плохой проходимостью, хотя такую стратегию разумно применять к большим торговым центрам и государственным и муниципальным учреждениям, которые сами по себе являются центром притяжения людей. А уже после будет целесообразно организовывать ярмарки и другие малые торговые форматы поблизости. И совершенно ошибочно полагать, что размещение их рядом будет создавать повышенную конкуренцию и перетягивать потребителей крупных предприятий к мелким или наоборот. В данном случае такое расположение лишь усиливает поток покупателей в оба места, так как крупные форматы торговли зачастую не могут предложить то, что есть у малых и наоборот. Даже если ассортимент таких предприятий похож – совпадать он не будет. Так, на ярмарке потребители смогут приобрести продукцию местных фермерских хозяйств, а в крупном торговом центре товар зарубежного продавца. Таким образом, разные торговые форматы, собранные в одном месте, лишь оказывают друг другу взаимопомощь, а не перетягивают клиентов.

Так как «торговля – глубоко человеческое явление» нельзя устанавливать жесткие запреты и ограничения на внешний вид торговых объектов, это очень сильно сузит возможность предприятий привлечь потребителей через наружную рекламу, а также сделает вид города более скучным и унылым. А современный подход и креативный дизайн смогут разбавить городскую среду со старой безликой советской застройкой и привлечь дополнительный покупательский трафик. Таким образом, у каждого торгового объекта

должна быть возможность продемонстрировать свой товар и дизайн магазина. Однако этот вопрос неоднозначный, так как с одной стороны единый внешний вид будет вести к однообразию, а с другой, различные проявления идентификации могут привести к захламлению фасадов зданий. Решением этой проблемы может стать установление минимальных рамок, которые смогут защитить облик города от неадекватных крайностей, но при этом не ограничивать решения предпринимателей по оформлению торговых объектов.

Также к проблеме территориального размещения относится то, что большинство микропредприятий торговли размещается на первых этажах многоквартирных домов из-за дефицита нежилых помещений, предназначенных для торговли. Такое явление называется «стрит-ритейл». Таким образом они находятся в пешей доступности и удобны для посещения местными жителями, однако это не отменяет того факта, что в старых домах, построенных в советское время, помещения для этого не предназначены, что усложняет жизнь как индивидуальным предпринимателям, так и жителям этих домов.

Помимо традиционной торговли необходимо дать развитие автоматизированной торговлие через вендинговые аппараты. На данный момент она составляет очень маленькую часть в розничном обороте. Но это очень перспективная ниша для малого торгового бизнеса, так как жизнь людей переходит на новый уровень комфорта, и наличие вендигового аппарата в общественном центре или любом другом учреждении с большой проходимостью людей существенно поднимает уровень имиджа данного заведения. Также развитие автоматизированной торговли повлечет за собой развитие в сферах по изготовлению торговых автоматов и их обслуживанию, а значит и повысит уровень занятости населения в стране.

Выводы. Торговая политика в целом и стратегия развития торговли в частности направлены на стимулирование роста всевозможных форм предпринимательской активности и устранение излишних административных ограничений, непозволяющих торговле развиваться. Устранение излишнего государственного регулирования и широкое развитие саморегулирования, самоорганизации и кооперации в торговле могут быть заложены в характер торговой политики Российской Федерации. Участники рынка в состоянии сами формировать условия, которые не будут мешать развитию и будут гибко реагировать на изменения. Задача государственной власти должна сводиться к определению границ регулирования и созданию условий для реализации торговой политики, а также созданию для этого необходимой и понятной правовой базы. Если все задачи, поставленные в Стратегии, будут выполнены, то потребительскую среду в России можно будет назвать действительно комфортной – у торговли будет многоформатная инфраструктура, а нужды всех участников рынка будут удовлетворены. Таким образом видно, что важнейшим элементом реализации торговой политики являются стратегические документы отрасли, а данные в Стратегии задачи и пути их решения лягут в основу и помогут сформировать внутреннюю торговую политику Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 51303-2013 "Торговля. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2013 г. N 582-ст).

2. Федеральный закон от 8 декабря 2003 г. N 164-ФЗ "Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности".

3. Федеральный закон от 28 декабря 2009 г. N 381-ФЗ "Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации".

4. Проект «Стратегия развития торговли в Российской Федерации до 2025 года» // URL: https://gasu.gov.ru (дата обращения 04.10.2019).

5. Стратегия развития торговли РФ на 2015-2016 годы и период до 2020 года // URL: https://minpromtorg.gov.ru (дата обращения 04.10.2019).

6. Об основных направлениях совершенствования государственного регулирования торговой деятельности и развития торговли в Российской Федерации в 2009 году // URL: http://archive.government.ru/docs/7324/ (дата обращения 07.10.2019).
7. Концепция долгосрочного социально-экономического развития в Российской Федерации до 2020 года // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/ (дата обращения 07.10.2019).
8. Оборот розничной торговли // URL: https://fedstat.ru/indicator/31260 (дата обращения 05.10.2019).
9. Основные показатели деятельности малых предприятий (включая микропредприятий) // URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/business/inst-preob/tab-mal_pr_m.htm (дата обращения 05.10.2019).
10.Программа импортозамещения в России до 2020 // URL: https://2020-god.com/programma-importozameshheniya-v-rossii-do-2020-goda/ (дата обращения 05.10.2019).

УДК 379

К.Ю. Струк, В.Э. Руднев, Т.С. Хныкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ТАЛАНТАМИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

В последние десятилетия быстрые изменения в демографии и технологиях, а также глобализация имеют значительные последствия для работодателей, сотрудников и рынка труда в целом. Новый контекст подрывает существующее понимание политики управления талантами. Прогрессивные компании во всех секторах экономики понимают, что их практика управления талантами уже не отвечает потребностям их сотрудников. Новое поколение специалистов в области управления талантами разрабатывает набор управления персоналом, который включает в себя другие структуры управления, такие как дизайн-мышление, гибкое управление, поведенческая экономика и аналитика, чтобы расширить свои компетенции в области управления персоналом.

Цель работы: рассмотреть современную политику управления талантами в сфере гостеприимства, которая получает все большее распространение в условиях цифровизации экономики, сформировать подход к управлению талантами в этих условиях и обосновать перспективы его развития.

Задачи исследования: провести анализ преимуществ и недостатков политики управления талантами, определить возможности новой системы управления талантами в сфере гостеприимства в Санкт-Петербурге.

Методы исследования. В работе использовались следующие методы исследования: метод анализа и сравнения, метод абстрагирования.

Результаты исследования. С каждым годом рынок туризма в Санкт-Петербурге растет за счет притока людей из малых городов, иностранных граждан. Поэтому перед многими компаниями в этой сфере стоит вопрос о борьбе за таланты, которая будет с каждым годом становится сложнее из-за появления новых компаний на рынке и развития конкуренции на рынке.

4-я промышленная революция является одним из главных факторов изменения парадигмы в сфере управления талантами и причиной стремительной цифровизации экономики. Ее движущей силой являются: демография, технологии и глобализация. Рассмотрим каждый ее отдельный ее элемент на рис. 1.

Демография – продолжительность жизни в России в 2000 году составляла 65,3 года, а в 2018 году достигла исторического максимума – 72,8 года [1]. На это повлияло снижение

детской смертности, хронических болезней в среднем возрасте и болезней в старости. К 2035 году средняя продолжительность жизни в России, по прогнозам Росстата, должна достигнуть 78,87 года. В то же время в Санкт-Петербурге поток туристов за 2018 год составил 8,2 млн человек, по данным Комитета по развитию туризма. А в 2019 году ожидается рост на 10% [2].

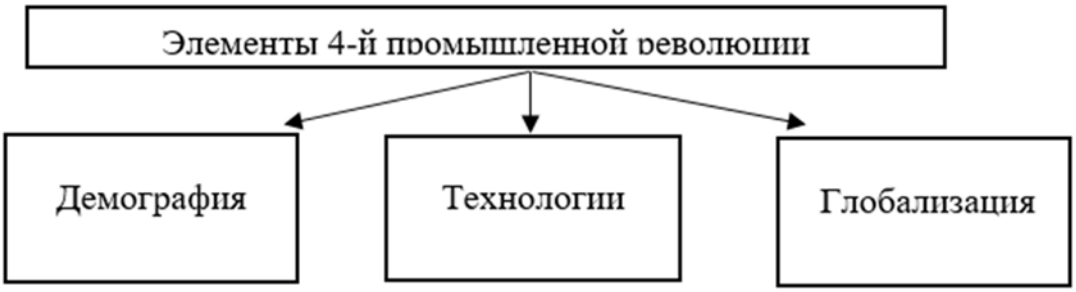


Рис. 1. Элементы 4-й промышленной революции

Это говорит о развитии туризма в городе и дальнейшей перспективе роста числа компаний и развития туристического бизнеса в Санкт-Петербурге. Что в свою очередь значит увеличения спроса на кадрах в сфере гостеприимства. А демографические изменения, а также повышение пенсионного возраста в России создают в компаниях новые поколения сотрудников, где одновременно работать друг с другом могут представители сразу 4 разнообразных поколений, что в свою очередь создает свои проблемы и трудности.

Технологии – искусственный интеллект (ИИ), облачные вычисления, машинное обучение, роботизация и глобальные сетевые платформы – могут быть как как новыми возможностями, так и угрозами в управлении талантами. Во многих областях искусственный интеллект уже превосходит человека по многим заданным задачам, заменяя работу, проделанную людьми, с помощью алгоритмов, компьютеров и роботов. Технологии просто замещают работу там, где задачи требующие когнитивных или ручных навыков, являются рутинными по своему характеру. Консервативные оценки экспертов сообщают, что в мире 47% рабочих мест попадает под эту категорию и лишь 30% рабочих мест не поддается автоматизации. Данные тенденции применимы и к рынку труда в России. В частности, уже сейчас активно создаются компании в сфере доставки еды, что создает новый рынок и рабочие места, а также новый подход к работе в сфере общепита. В отельном бизнесе сокращаются отделы продаж, на место которых приходят такие агрегаторы, как booking.com и hotels.ru. Технология привела к тому, что в будущем исчезнут профессии при высоком или очень низком уровне квалификации и меньше всего это коснется среднего уровня квалификации [3].

Информационные технологии так же позволили создать экономику, где люди работают по краткосрочным контрактам в качестве внештатных или контрактных работников, в отличие от наемных работников.

Глобализация – напряженность между глобализацией и деглобализацией сейчас острее, чем когда-либо. Текущая геополитическая ситуация и угроза терроризма вносят свои коррективы в государственную политику и влияют на единый глобальный способ ведения бизнеса между государствами и бизнесом.

В соответствии с выше изложенными фактами в управлении талантами возникает 2 уровня решения, которые изображены на рис. 2.

Новая экономика будет приводить к пересмотру классификаций труда и рабочей силы, в результате чего модель работы условиях полной занятости была сопоставлена с моделью работы на условной основе и все более широким спектром форм работы, которые будут увеличиваться как по типу, так и размеру. Эти изменения заставляют работников чувствовать себя перегруженными. Благодаря новым технологиям человек находится 24 часа в сутки

связаны цифровыми средствами связи, боятся перспективы более длинной трудовой жизни, а их продолжительность труда за последние 20 лет не выросла. Работники, особенно поколение миллениалов, все чаще ищут гибкости и к работе, и к жизни в целом, оставляют корпоративные места там, где чувствовали себя некомфортно, перегруженными работой, демотивированными и недооцененными.

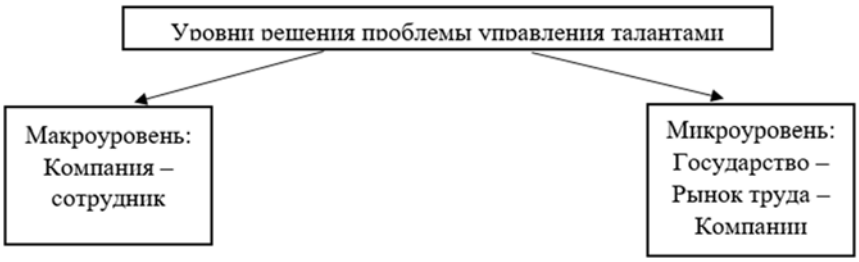


Рис. 2. Уровни решение проблемы управления талантами

Микроуровень – на работников оказывает давление переход к шєринг экономике, непереключение работы из физического места, перемещение человеческого труда с помощью технологий и растущие требования к разнообразию, интеграции и принадлежности. Новая экономика привела к пересмотру классификаций труда и рабочей силы, в результате чего модель работы на постоянной основе увязана с работой по условным контрактам и все более широким спектром альтернативных форм работы, расширяющихся как по типу, так и по размеру. Эти изменения заставляют рабочих чувствовать себя "перегруженными". Возможно, неудивительно: работники 24/7 связаны цифровыми средствами связи, боятся перспективы более продолжительной трудовой жизни, а их производительность труда за последние 20 лет действительно не выросла. По мере того, как их статус занятости переходит от приносящей доход работы компанией к многочисленным независимым и менее безопасным условиям труда, они вынуждены менять карьеру из-за добровольных сбоев или неудач, постоянно нуждаясь в воссоздании себя и повышении устойчивости своего карьерного пути. Работники, особенно поколения миллениалов, все чаще ищут гибкости и к работе и внештатной экономике, оставляя удушающие корпоративные рабочие места там, где они чувствовали себя в ловушке, перегруженными работой, демотивированными и недооцененными.

Макроуровень – на макроэкономическом уровне системы управление уже находится в напряженном положении и подвергается еще большей угрозе в связи с глобальным риском. Эти трудности обусловлены демографическим давлением столетней жизни, сохраняющимся воздействием глобального экономического спада, сохраняющимися геополитическими рисками, массовой миграцией рабочей силы, недостаточностью систем социального обеспечения, отсутствием работы.

Изменение парадигмы не обязательно отменяют некоторые из истинных и проверенных лучших практик – при условии, что они все еще добавляют ценности – но вместо этого радикально меняют дискурс. Когда дело доходит до развивающихся HR и практики управления талантами традиционный HR ориентирован на транзакционную деятельность, связанную главным образом с вопросами соответствия нормативам и операционными вопросами. Такой вид hr-практики по-прежнему можно наблюдать во многих организациях по всей России – как правило, в небольших компаниях с кадровыми отделами, укомплектованными в первую очередь административным персоналом. Стратегическое управление талантами разрабатывает и оптимизирует процессы для удовлетворения конкурентных потребностей организации в человеческом капитале как основного клиента HR. По мере того как контекст кардинально меняется сегодня, необходимо еще раз переосмыслить ценностное предложение HR и перестроить управление талантами путем сосредоточения

внимания на опыте сотрудника и поиска привлекательного места, где методы управления талантами являются хорошими как для работника, так и для работодателя. Вот в чем заключается новая архитектура управления талантами в прогрессивных компаниях.

Новая персонализированная и индивидуализированная архитектура управления талантами проста, аутентична, отзывчива и прозрачна. Новое ценностное предложение по управлению талантами эволюционирует от приобретения талантов, основанного на политике и процедурах, к проектированию или проектированию опыта работников. Создание новой организационной архитектуры управления талантами предполагает большое мышление для разработки продуктивного и значимого опыта в физической, технологической и культурной среде наших компаний с помощью решений, которые являются привлекательными, приятными, простыми и адаптированными для различных сотрудников. HR и управление талантами должны уйти от "единой программы, соответствующей всем" менталитету и подумать о создании организационной архитектуры талантов, позволяющей адаптировать программы к конкретным сегментам сотрудников. Вся архитектура состоит в создании опыта сотрудников с помощью HR-решений, которые находятся на стыке потребности и ожиданий сотрудников и требований талантов организации. Тем не менее, управление персоналом и кадровыми ресурсами по-прежнему должно соответствовать существующим требованиям с точки зрения соответствия требованиям законодательства, их культурного соответствия, справедливости и справедливости. Истинная задача управления талантами заключается в стремлении действительно изменить жизнь организаций и их талантов, будь то сотрудники или часть более крупного контингента персонала.

Для того чтобы изменить свою кадровую политику и оставаться конкурентоспособными компаниям в сфере гостеприимства необходимо переосмысливать подход к системе управления талантами. Более гибкий подход позволит, например, небольшому ресторану оставаться конкурентоспособным и успешно конкурировать с сетями. Мини-отели благодаря новому подходу будут завоевывать свою долю на рынке. Новое ценностное предложение по управлению талантами эволюционирует от приобретения талантов, основанного на политике и процедурах, к проектированию или проектированию опыта работников. Создание новой организационной архитектуры управления талантами предполагает пространство для разработки продуктивного и значимого опыта в физической, технологической и культурной среде наших компаний с помощью решений, которые являются привлекательными, приятными, простыми и адаптированными для различных сотрудников [4].

Выводы. Управление талантами должно уйти от "единой программы, соответствующей всем" менталитету и подумать о создании организационной архитектуры талантов, позволяющей адаптировать программы к конкретным сегментам сотрудников. Вся архитектура состоит в создании опыта сотрудников с помощью HR-решений, которые находятся на стыке потребности и ожиданий сотрудников и требований талантов организации. Тем не менее, управление персоналом и кадровыми ресурсами по-прежнему должно соответствовать существующим требованиям с точки зрения соответствия требованиям законодательства, их культурного соответствия, справедливости и справедливости. Истинная задача управления талантами заключается в стремлении действительно изменить жизнь организаций и их талантов, будь то сотрудники или часть более крупного контингента персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Федеральной службы статистики // [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosstat.gov.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/. (Дата обращения: 08.10.2019).

2. Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга // [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_tourism/statistic/ (Дата обращения: 08.10.2019).

3. Официальный сайт РБК // [Электронный ресурс]. URL: https://www.rbc.ru/opinions/economics/13/01/2017/5878d2389a79470077130332/. (Дата обращения: 08.10.2019).

4. Ильина О.В. Методологические основы формирования профессиональной готовности специалистов к инновационному проектированию в сервисной деятельности. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2016. № 4. С. 112–117.

УДК 331.103

В.А. Шадринов, А.Р. Каньковская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГИБКИХ РАБОЧИХ МЕСТ И ГРАФИКА РАБОТЫ НА ОСНОВЕ СПИРАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ

Актуальность исследования заключается в необходимости повышения показателей эффективности деятельности трудовых ресурсов в любой организации путём внедрения инновационных методик управления персоналом. В условиях глобализации рынков труда и цифровизации экономики заметно увеличивается потребность в создании гибких рабочих мест на предприятиях различного масштаба и отраслевой принадлежности.

Целью исследования выступает создание инновационной системы планирования, внедрения и функционирования гибких рабочих мест для организаций.

Задачами исследования являются обзор существующих методик и способов организации гибких рабочих мест, предложение собственного подхода создания систем планирования, внедрения и функционирования гибких рабочих мест для организаций.

Методы исследования: изучение особенностей каждого уровня модели спиральной динамики и передовых подходов в области управления персоналом, анализ и синтез полученной информации.

Результаты исследования. В качестве обзора существующих методик и способов организации гибких рабочих мест следует привести некоторые тренды, которые уже присутствуют в некоторых российских компаниях, рассмотрение которых определяет правильные направления путей мышления при создании собственной системы гибких рабочих мест для организаций.

Во-первых, это концепция инфраструктуры виртуальных рабочих мест. Эта система размещает виртуальные рабочие места на централизованном сервере и развёртывает их для конечных клиентов по запросу [1].

Во-вторых, это тенденция изменения инфраструктуры офисного пространства. Это переход от офиса «как на фабрике» к офису «как дома» [2]. Компания «Гугл», которая внедрила данную инновацию, в значительной степени популяризировала её, т.к. сразу была очевидна эффективность подобных изменений в контексте транснациональной корпорации, а офисы этой компании стали идеальной моделью для предприятий данной отрасли.

В-третьих, это теория определения рабочего пространства по видам деятельности Эрика Велдоена. Она основана на сокращении стационарных рабочих мест в офисе и увеличении количества различных пространств для поощрения разных способов работы [3].

Эти подходы позволяют компаниям повысить эффективность использования трудовых ресурсов, однако практика их использования выявила и проблемы их психологического восприятия работниками и руководителями.

Для решения проблем, связанных с созданием гибких рабочих мест, на наш взгляд, целесообразно применять модель спиральной динамики, предложенную Кристофером

Коуэном и Доном Беком на основе трудов Уильяма Грейвза, т.к. такой способ организации гибких рабочих мест и гибкого графика работы будет в значительной степени учитывать психологию персонала.

Спиральная динамика – это основанный на данных психологический подход к пониманию систем мышления, которых придерживаются отдельные лица, организации и общества [4].

Модель спиральной динамики представляет из себя восемь взаимосвязанных уровней, причем переход от предыдущего к последующему уровню диктуется естественным развитием общества и человека в контексте его образа мышления. Каждый уровень спирали относится к состоянию сознания, через которое проходят люди и культуры [5].

В графическом представлении данной модели каждому уровню дан определённый цвет, причём более холодный цвет говорит о присутствии в культуре значительной доли индивидуализма, а более тёплый цвет свидетельствует о преимущественно коллективистском образе мышления.

Модель спиральной динамики представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модель спиральной динамики

Первый уровень модели спиральной динамики носит название культуры выживания и представлен бежевым цветом. Эта ступень описывает самый ранний этап развития общества. Люди действуют именно таким образом, потому что это необходимо им для выживания. Главные ценности являются инстинктивными. Философия жизни сводится к тому, чтобы уметь существовать в естественной среде. Начинающие предприятия малого бизнеса работают так и именно так, чтобы уцелеть на рынке.

Если лидер начинающего предприятия принял решение о создании и внедрении системы гибких рабочих мест, то на этом этапе оптимально распланировать данную систему.

Необходимо учитывать все особенности отдельно взятого рабочего места, определять необходимость его создания в той или иной функциональной области предприятия, а также внедрить интервальные пределы гибкости, т.е. такие интервалы результативности деятельности, минимальные значения которых будут соответствовать желаемому эффекту. Также здесь целесообразно планировать интервальные пределы гибкости для нормирования рабочего времени.

Полезность подобной концепции организации труда доказывается тем, что мотивация и конечная результативность каждого работника существенно возрастает, если имеет место гибкий график работы, у работников есть возможность персонально организовать своё рабочее пространство, отсутствует излишний формализм в вопросах нормирования труда. Также психологически легче достигать значения результативности деятельности именно внутри интервала, а не добираться до строго установленной цифры, учитывая, что минимальное значение этого интервала полностью соответствует целевым ожиданиям руководителя.

Подобный подход к управлению персоналом доказал свою эффективность в крупнейших западных компаниях, которые практически полностью отошли от классических методов менеджмента человеческих ресурсов.

Моментом внедрения данной системы предлагается определить второй уровень модели спиральной динамики, который назван культурой безопасности и позиционируется фиолетовым цветом. Предприятия малого бизнеса на этом этапе развития характеризуются наличием управленца, который обычно и является учредителем. Персонал таких организаций обычно представлен родственниками, друзьями или знакомыми лидера. Все действуют как единая семья, клан, община. Здесь человек рассматривается как приверженец общей цели, который может пожертвовать своими интересами ради достижения коллективного результата.

Таким образом, именно здесь целесообразно вводить систему гибких рабочих мест, т.к. присутствует сплочённость и доверие между сотрудниками организации, хорошо налажена обратная связь между подчинёнными и лидером, а сам управленец имеет возможность видеть не только тонкости функционирования рабочих мест из-за относительно небольших масштабов организации, но и услышать мнение каждого работника о системе организации труда. Также оптимальность внедрения рассматриваемой системы диктуется и тем соображением, что эта стадия является практически начальной, многие предприятия начинают функционировать именно в таких условиях, а поэтому нет многослойной системы, которая не позволяет или затрудняет внедрять подобные нововведения. Каждый человек может быть услышан, его мнение и практический опыт на рабочем месте могут сыграть ключевую роль при определении понятия гибкости, что чрезвычайно важно, т.к. именно сотрудники, трудящиеся на рабочих местах, видят все недостатки и преимущества организации рабочего места куда лучше, чем любые организаторы.

Третья ступень модели спиральной динамики – это культура силы, она характеризуется красным цветом. Этот этап развития характерен для многих отечественных организаций, а также типичен для эпохи социализма. Здесь присутствует единый лидер, решения которого не могут быть оспорены. К этому этапу приходят все организации после преодоления культуры безопасности, т.к. сотрудники хотят сильного менеджера, крепкой управленческой руки, которая направит и укажет. На данном этапе развития организации сам лидер должен понимать, что именно тут нужно правильно использовать власть для окончательного закрепления гибких рабочих мест в головах сотрудников, т.к. все управленческие решения принимаются безоговорочно. Отдельные работники организации могут отходить от использования возможностей гибкости, но раз это несёт добровольный характер, то эффективность их работы падать не будет, как и не будет необходимости ликвидировать гибкие рабочие места. Использование их возможностей остаётся добровольным, а поэтому эффективным.

Четвёртая ступень называется культурой порядка, ей принадлежит синий цвет. Это доминирующая стадия развития российских организаций. В данной культуре деятельность обрамляется формальными правилами, имеет место чёткая система. Неизбежный переход на эту ступень объясняется тем, что сотрудникам организаций приедается абсолютная власть лидера, все хотят, чтобы и этот лидер подчинялся правилам и порядкам. На этом этапе существует возможность закрепить порядки и регламенты данной системы документально, придав ей официальные рамки, что целесообразно сделать, но управляющий должен чётко понимать, что существуют и дальнейшие неизбежные этапы развития образа мышления людей, а поэтому недопустимо чрезмерно формальное закрепление концепции гибких рабочих мест, потому что долю бюрократизма вскоре придётся значительно сократить, а поэтому нельзя допустить, чтобы эта система воспринималась как ещё одно лишнее формальное правило, которое надо ликвидировать, чтобы двигаться дальше.

Следующий этап – это культура результата, эта ступень представлена оранжевым цветом. Здесь наблюдается стремление достичь личной цели, т.е. каждый человек развивается ради того, чтобы добиться результата для себя. Переход на эту ступень развития совершенно закономерен и логичен, т.к. сотрудникам организации неизбежно надоедает излишняя бюрократия, в которую перерастает предыдущая культура, а само руководство понимает, что бюрократический механизм оказывает отрицательное воздействие на результативность работников и общую эффективность организации. На данном этапе уже отсутствуют излишне формальные и избыточные правила, порядки, документы. Все сосредоточены на результат, который и помогает добиваться личных целей.

Система гибких рабочих мест здесь очень уместна, потому что многие сотрудники отмечают личную эффективность использования возможностей гибкости при организации рабочего времени и конечного результата, каждый сотрудник будет стараться добиться максимального значения в интервальных пределах гибкости, поэтому и работа всей организации будет крайне эффективной.

Следующий этап развития культуры демонстрирует стремление к равенству и характеризуется зелёным цветом. Люди здесь показывают эмпатию, самоанализ, отличаются групповым образом мышления, к недостаткам других относятся с таким же уважением, как и к достоинствам, ибо каждый недостаток может сыграть свою исключительную роль в развитии преимущества. Переход на рассматриваемую ступень объясняется пониманием того, что невозможно добиваться сложных целей, поставленных перед организацией, если действовать только ради достижения личных целей. Сотрудники осознают, что необходимо сотрудничать друг с другом, принимать и уважать чужую точку зрения и двигаться вперёд вместе.

Данный этап – это второй шанс для внедрения системы гибких рабочих мест, т.к. здесь присутствует не только коллективный образ мышления, но и имеет место поиск консенсуса, который учитывает особенности каждой личности, а поэтому у сотрудников организации есть понимание, что использование гибкости при организации трудовой деятельности – это необходимость, проявление уважения, демонстрация эмпатии, что существенно увеличит как мотивацию отдельного сотрудника, так и общую эффективность организации. Такая степень развития образа мышления характерна для западных компаний, лидеру уже не особо обязательно беспокоиться о правильном восприятии гибкости со стороны подчинённых, здесь присутствует полное понимание полезности такой системы, если даже она не была внедрена раньше. Если она не выступает нововведением, то сохраняется сама собой.

Следующий этап называется культурой эффективности и имеет жёлтый цвет. Эффективность здесь рассматривается только в рамках коллективного достижения единых целей, имеет место системное мышление, человек развивается ради того, чтобы привнести полезный вклад в единое целое, а проявление себя никогда не противоречит интересам других. Этот этап – это синтез двух предыдущих культур, в котором стремление к результативности деятельности становится полностью коллективным, а также подкрепляется эмпатией и взаимным уважением к особенностям друг друга. Система гибкости в организации рабочего места и времени – это естественный аспект данной культуры.

Последний этап – это культура взаимозависимости, которая обладает бирюзовым цветом. Это синтез всех предыдущих этапов. Эта культура опирается на мировоззрение, которое буквально охватывает все аспекты нашей переплетённой истории [6]. Здесь уже отсутствует классическая система менеджмента, но присутствует самоуправление, люди рассматривают себя как часть целого организма, сотрудники могут сами назначать себе зарплаты и делают это на основах справедливости, понимая, что нужно учитывать как положение организации на рынке, так и интересы других людей. Все представители такой

культуры удовлетворены и довольны тем, что они имеют сейчас, но и стремятся привнести самые масштабные и глобальные инновации.

Если на данной этапе в организации отсутствует система гибких рабочих мест, то сотрудники внедрят её самостоятельно.

Модель спиральной динамики основательно затрагивает бизнес, политику, образование и медицину [7]. Именно поэтому её грамотный анализ даст возможность создать эффективную систему гибких рабочих мест, учитывающую психологические аспекты.

Выводы. Предлагаемый подход к организации гибких рабочих мест и графика работы позволяет определить оптимальные моменты внедрения данной организационной инновации. Также такой подход учитывает особенности функционирования системы гибких рабочих мест на каждом этапе развития образа мышления персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компания «VMware». Инфраструктура виртуальных рабочих мест [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vmware.com/topics/glossary/content/virtual-desktop-infrastructure-vdi (дата обращения: 10.10.2019).

2. Компания «CRE EVENTS». Как выглядят офисы нового поколения [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cre.ru/analytics/73428 (дата обращения: 10.10.2019).

3. Компания «Regus». Что такое система незакрепленных рабочих мест [Электронный ресурс]. – URL: https://www.regus.ru/work-russia/hot-desking/ (дата обращения: 10.10.2019).

4. Ид Ш. Спиральная динамика – путь к пониманию человеческой природы [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cruxcatalyst.com/2013/09/26/spiral-dynamics-a-way-of-understanding-human-nature/ (дата обращения: 10.10.2019).

5. Роббинс М. Спиральная динамика и теория живых человеческих систем: часть первая [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/268053319/ (дата обращения: 10.10.2019).

6. Кули С. Глобальной обзор элемента системы поведения: восьмой уровень спиральной динамики [Электронный ресурс]. – URL: https://medium.com/@sterlingcooley/global-view-meme-spiral-dynamics-level-8-b626182dab52 (дата обращения: 10.10.2019).

7. Уилбер К. Всесторонние взгляды [Электронный ресурс]. – URL: http://www.integralinsights.net/SDI.htm (дата обращения: 10.10.2019).

УДК 330.133.7

Е.А. Кузьменкова, С.В. Пупенцова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕГМЕНТЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СКЛАДСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

Дополнительная мощность электроэнергии в сегменте производственно-складской недвижимости влияет на показатели доходности объекта. Прежде чем преступить к увеличению установленной мощности здания необходимо выявить влияние предоставляемой мощности электроэнергии на рентный доход производственно-складской недвижимости и провести оценку эффективности проекта.

Целью представленной работы является развитие методологии оценки эффективности подключения дополнительной мощности электроэнергии в сегменте производственно-складской недвижимости. Цель исследования достигается установлением зависимости между ставкой аренды и имеющейся мощностью подключения к электроэнергии у объекта и расчетом показателей эффективности проекта.

Методами, использованными в данной работе, являются сбор и анализ данных рынка, изучение источников информации, методы регрессионного и инвестиционного анализа.

Основные положения и результаты исследования.

Оценка показателей эффективности проекта начинается с обоснования денежных потоков: начальных инвестиций и ожидаемых доходов от проекта.

Сумма предполагаемых начальных инвестиций была подтверждена данными Ленэнерго [1]. На основании которых получена зависимость стоимости подключения от установленной мощности, представленная на рис. 1.

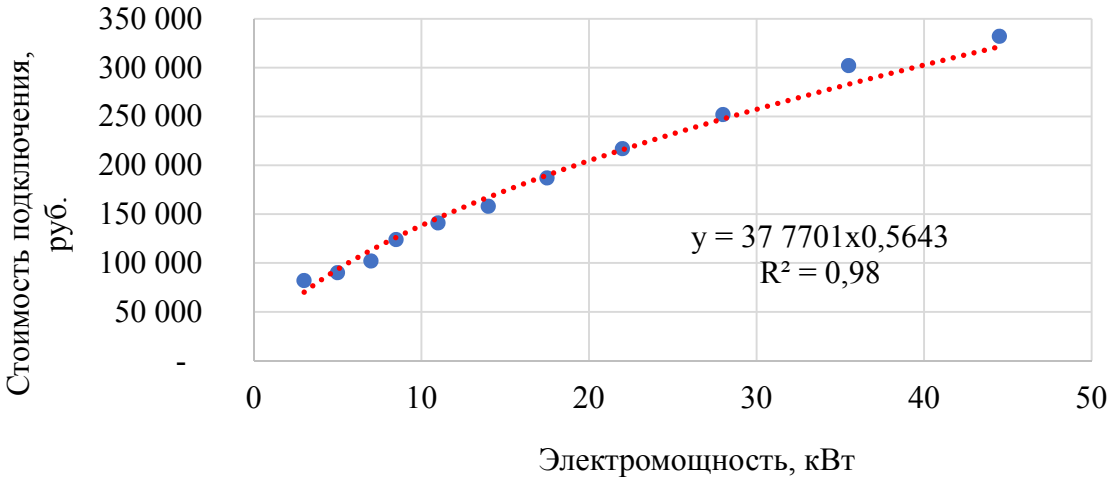


Рис. 1. Зависимость стоимости подключения от установленной электромощности

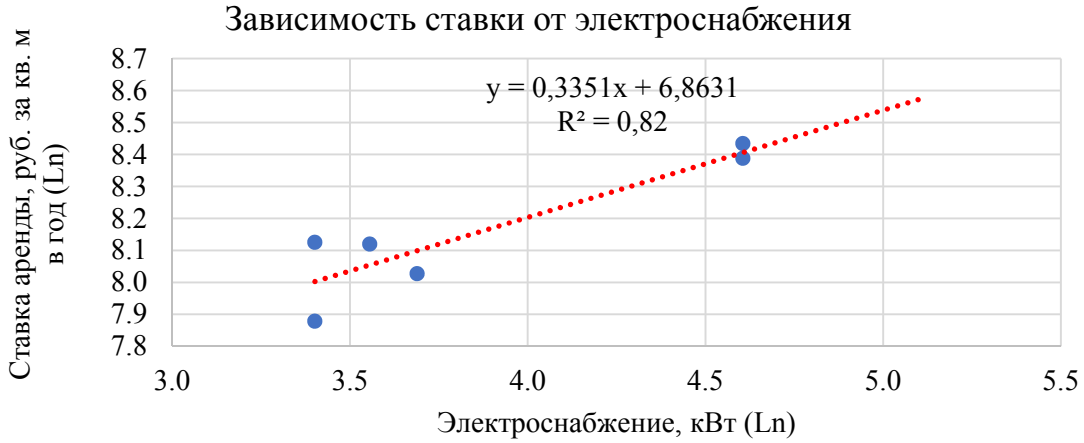


Рис. 2. Зависимость ставки аренды от подключенной мощности электроэнергии

Показатели доходности проекта зависят от рентного дохода. Для подтверждения рентного дохода было проведено исследование рынка аренды с целью подбора объектов-аналогов. На основании проведенного анализа удалось найти достаточное количество предложений по аренде, что свидетельствует о том, что рынок достаточно развит и данных для проведения корректного расчета достаточно. Для расчета подобраны производственно-складские объекты с известными подключенными мощностями электроэнергии.

Влияние фактора на рентный доход оценивается установленной зависимостью значений арендной ставки объектов одного кластера от ценообразующего фактора [2]. Зависимость ставки аренды от электроснабжения на рис. 2 построена в натуральных логарифмах. Этот прием часто

применяется в корреляционно-регрессионном анализе для корректировки разброса рыночных данных.

Полученная регрессионная зависимость ставки объектов-аналогов от подключенной мощности электроэнергии вида: Ln (ставки аренды) = 6,8631 + 0,3351 Ln (мощности, кВт), позволила получить прибавку в рентном доходе при увеличении мощности на 1 кВт электроснабжения на уровне: 0,15%:

$0{,}15\% = e^{0{,}3351}/e^{6{,}8631}$ за дополнительный кВт мощности электроснабжения.

Полученный коэффициент детерминации уравнений регрессий больше 0,80 подтверждает достаточно сильную зависимость ставки аренды от предоставляемой мощности [3].

Рассчитаем добавочную стоимость объекта производственно-складской недвижимости от подключения дополнительной мощности электроэнергии в 50 кВт на примере объекта производственно-складского комплекса, общей площадью 578 кв. м, расположенного в Ленинградской области.

Эффективность подключения дополнительной мощности электроэнергии в сегменте производственно-складских зданий определим методом прямой капитализации, при котором годовой дополнительный чистый операционный доход конвертируется в стоимость посредством деления на рыночный коэффициент капитализации.

Дополнительный чистый операционный доход рассчитаем с использованием зависимости, представленной на рис. 2. Определив ставку аренды при установленной мощности в 50 кВт и 100 кВт (см. табл. 1). При определении дополнительного чистого операционного дохода учитываются рыночный коэффициент операционных расходов на уровне 27%.

Рыночный коэффициент капитализации принят равным 15% согласно [4, 5]. Расчет эффективности проекта представлен в табл. 1.

Таблица 1. Расчет показателей эффективности проекта

Показатель	Обозначение	Значение	Единица измерения
Ставка аренды для неотапливаемого склада с энергомощностью 50кВт	Am_{50}	218	руб./кв. м в месяц
Ставка аренды для неотапливаемого склада с энергомощностью 100кВт	Am_{100}	296	руб./кв. м в месяц
Добавка за мощность	$\Delta Am = Am_{100} - Am_{50}$	77	руб./кв. м в месяц
Площадь помещения	S	578	кв. м.
Операционные расходы	OE	27%	от дохода
Расходы на подключение	E	363 469	руб.
Рыночный коэффициент капитализации	Y	15%	в год
Добавочная стоимость	$\Delta V = \Delta Am \times S \times (1 - OE) \times 12 / Y$	2,6	млн. руб.
Эффект от подключения	$NPV = \Delta V - E$	2,2	млн. руб.

Таким образом, полученные в работе зависимости стоимости подключения и рентного дохода от установленной мощности электроснабжения на объекте позволили рассчитать добавочную стоимость объекта недвижимости производственно-складского назначения на уровне 2,6 млн. рублей. Срок окупаемости проекта оценен на уровне 6 месяцев. Дополнительное подключение 50 кВт для производственно-складских объектов, с имеющейся

мощностью 50 кВт, добавляет к ставке аренды 77 руб. за квадратный метр в месяц. При оцененной ставке доходности 15% чистая текущая стоимость проекта составила 2,2 млн. руб.

Выводы. Таким образом, в работе представлен алгоритм обоснования денежных потоков проекта подключения дополнительной мощности электроэнергии в сегменте производственно-складской недвижимости и оценки его эффективности. Для сдачи в аренду объекта с ограниченной мощностью до 50 кВт собственнику рационально подключить дополнительную мощность, так как данный процесс повысит рентный доход, что приведет к более выгодной сделке на рынке.

Полученные в работе зависимости стоимости подключения и рентного дохода от установленной мощности на объекте могут быть использованы для экспресс-оценки эффективности подключения дополнительной мощности электроэнергии в сегменте производственно-складской недвижимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стоимость подключения по данным Ленэнерго: https://etc-montage.ru/uslugi/uvelichenie-mownosti-lenenergo / [Электронный ресурс. Дата обращения: 30.09.2019].

2. Алексеева Н.С. Введение в профессию. Операции с недвижимым имуществом: учеб. пособие. – СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2011. – 160 с.

3. Алексеева Н.С., Латкин Г.Б. Классификация недвижимости как фактор управления // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 6. № 9. С. 62–68.

4. Пупенцова С.В., Шаброва О.А. Исследование зависимости нормы отдачи на капитал от размера капиталовложений // Экономика строительства. 2016. № 5 (41). С. 16–21.

5. Негру Г.А., Алексеева Н.С. Показатели управленческого учета на промышленном предприятии // Сб. науч. стат.: Неделя науки СПбГПУ. Инженерно-экономический институт СПбГПУ. – СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2014. – С. 93–94.

УДК 339.92

К.В. Теплая, Н.А. Конахина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИРКУЛЯРНЫХ ПРОЕКТОВ И ОБЗОР РЕАЛИЗУЮЩИХСЯ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ

Циркулярная экономика – экономическая модель, при которой производство, потребление и утилизация промышленного товара сопровождаются минимальным выделением отходов и вредных для окружающей среды выбросов. Это достигается посредством следования следующим принципам: переработки отходов, повторного использования, ремонтом и техническим совершенствованием компонентов, учетом процесса циркуляции товара в экономической системе [1–3]. Циркулярная экономика является противоположностью нынешней линейной модели экономики. За последние несколько лет концепция «циркулярной экономики» стала довольно часто обсуждаемой как в научных кругах, так и в сфере крупной промышленности, и является неким трендом, в котором видится единственно возможный выход из того положения, создавшегося ввиду неэффективных или недостаточных мер экологического воздействия на производство, бизнес, на потребление промышленных товаров. Тем не менее, на данный момент, данная концепция не проникла настолько тесно в общество, чтобы можно было заметить её повсеместное обсуждение, внедрение, и тем более реализацию основных принципов концепции, в силу разных причин [4–6]. Чаще речь идет о частичных преобразованиях в отношении различных видов отходов и

переносе опыта других стран на свои условия, не учитывая различия в самой природе действующих в той или иной среде факторов.

Целью данной статьи является разработка методики оценки и выбора наиболее эффективного проекта в области циркулярной экономики.

Задачи, поставленные для достижения цели:

1. Обзор реализующихся проектов в области циркулярной экономики.
2. Анализ литературы по теме циркулярности и методам инвестиционных оценок.
3. Определение критериев выбора циркулярных проектов.
4. Составление методики оценки эффективности циркулярного проекта.

Методы исследования были применены следующие: логика, анализ, моделирование.

Результаты исследования. Реализующиеся проекты в сфере циркулярной экономики

В настоящее время в рамках программы Horizon–2020 существует ряд проектов, реализующихся в Евросоюзе, финансируемые различными учреждениями и компаниями стран ЕС, по внедрению принципов циркулярности [7, 8]. Таковыми являются следующие.

CINDERELA. Проект CINDERELLA направлен на разработку новой бизнес-модели циркулярной экономики (CEBM) для использования вторичного сырья в городских районах, посредством соединения различных отраслей, строительного сектора и муниципальных служб, лиц, принимающих решения, и широкую общественность при помощи услуги «единого окна», размещенной на онлайн-платформе для отслеживания и моделирования городских потоков отходов в продукт, онлайнового маркетинга и обмена знаниями и информацией по всей цепочке создания стоимости. Предварительный технико-экономический анализ CEBM указывает на увеличение степени переработки на 30% ТБО, 13% промышленных отходов, 100% тяжелой фракции и 25% осадка сточных вод с чистой прибылью 18%.

CIRC4Life. Этот проект направлен на разработку и внедрение подхода циркулярной экономики для устойчивых продуктов и услуг через цепочки создания стоимости и поставок. Предполагается разработка трех новых бизнес-моделей циркулярной экономики, включая совместное создание продуктов и услуг, устойчивое потребление и совместную переработку, повторное использование. Этот проект планируется реализовать в широком масштабе в области электротехнической и электронной продукции, а также в сельском хозяйстве.

C-SERVEES. Целью C-SERVEES является стимулирование ресурсоэффективной циркулярной экономики в секторе электротехники и электроники (E & E) посредством разработки, тестирования и передачи новых экономических бизнес-моделей, основанных на системных эко-инновационных услугах, которые включают: эко-лизинг, адаптацию продукта, улучшенный менеджмент и инструменты ИКТ для поддержки других эко-услуг, основанных на QR-кодах. Проект приведет к ожидаемому экономическому эффекту в 57,03 млн. евро за период 2022–2026 годов, что, с учетом бюджета проекта (8,03 млн. евро), даст рентабельность инвестиций около 7,1%. В частности, проект принесет в среднесрочной перспективе экономический эффект в размере 28,4 млн. евро в год, и общее сокращение выбросов составит 2620 тонн в год.

ReCiPSS. Цель ReCiPSS состоит в том, чтобы исследовать факторы успеха циркулярных производственных систем в случаях, когда производители имеют разные уровни контроля над своими цепочками создания стоимости: один случай с полным контролем и один случай с частичным контролем. Проект достигнет этой цели благодаря двум крупномасштабным установкам циркулярных производственных систем в двух ключевых отраслях промышленности. Реализация этой новой бизнес-модели должна привести к дополнительным доходам в 175 млн. евро в год.

HOUSEFUL. Проект HOUSEFUL предлагает инновационный сдвиг парадигмы в сторону циркулярной экономики в жилищном секторе путем демонстрации возможности

интегрированного системного обслуживания, состоящего из 11 циклических решений. HOUSEFUL представит решения для повышения эффективности использования ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания с учетом комплексного циркулярного подхода, учитывающего аспекты энергии, материалов, отходов и воды.

CIRCUSOL. Цель CIRCUSOL – сделать солнечную энергетику ведущим сектором экономики. CIRCUSOL позволяет разработать два основных блока циркулярной модели в системе «продукт-сервис»: циркулярное управление продуктами с путями повторного использования/восстановления в дополнение к рециркуляции и добавленной стоимости новых продуктов-услуг для бытового, коммерческого и коммунального потребления. В этих трех сегментах рынка в трех европейских странах (Франции, Бельгии и Швейцарии) будут установлены пять крупномасштабных реальных установок для подтверждения преимуществ, повышения таким образом жизнеспособности бизнеса и эффективности использования ресурсов.

NextGen. NextGen обеспечивает переход к циркулярной экономике, охватывающий широкий спектр водных ресурсов: саму воду (многократное использование в различных масштабах, поддерживаемое естественным хранилищем, оптимальные стратегии управления, передовые технологии очистки, инженерные экосистемы и компактные мобильные системы); энергию (комбинированное управление водно-энергетическим комплексом, очистные сооружения в качестве энерго-генераторов, передача, хранение и утилизация тепла для смежных отраслей и коммерческих секторов) и материалы (регенерация и перепрофилирование мембран для снижения затрат на повторное использование воды и производство активированного угля из шлама, чтобы минимизировать затраты на удаление микроорганизмов).

В России существует масштабный национальный проект «Экология», начавшийся в 2018 году. В рамках нацпроекта, бюджет которого составляет свыше 4 млрд. руб., реализуются следующие Федеральные проекты: «Чистая страна», «Комплексная система обращения с ТБО (твердыми коммунальными отходами)», «Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности», «Чистый воздух», «Чистая вода», «Оздоровление Волги», «Сохранение озера Байкал», «Сохранение уникальных видов водных объектов», «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма», «Сохранение лесов», «Внедрение лучших доступных технологий» [9, 10].

Это действительно значимые для сохранения и защиты экосистем проекты, реализация которых может способствовать улучшению экологической ситуации в стране. Однако это не является в полной мере циркулярной экономикой, ввиду того, что здесь не рассматривается системный подход к решению исходной проблемы, за которой тянутся все негативные последствия, с которыми мы уже боремся и с которыми еще предстоит столкнуться. Поиск решений должен начинаться даже не со стадии производства материальных ценностей, ставших в итоге мусором, от которого практически невозможно избавиться, а с этапа проектирования такого товара, материала или химического состава, который можно было бы “зациклить”, иначе говоря, по прошествии его срока службы сделать возможным либо его возврат в повторный производственный цикл, либо обеспечение его применения в другой сфере, либо такую переработку и утилизацию, которая бы не наносила вред окружающей среде. Это не единственное, что нужно учитывать. Здесь необходимо учесть степень заинтересованности производителей в осуществлении такого круговорота, его выгоды и вероятные потери. Также очень важно работать с обществом, уводя его от навязанной нужды в усиленном и бездумном потреблении. Кроме этого, должны быть взяты во внимание все возможные взаимосвязи между различными процессами в экономике.

Методика оценки эффективности масштабных инвестиционных проектов должна включать в себя этапы:

1. Отбор на основе критериев на содержательном уровне. Рассматриваемые критерии должны учитывать происходящие тенденции в различных сферах жизнедеятельности и подразделяться на:

- социально-экономические;
- правовые и экологические;
- научно-технические критерии;
- коммерческие и рыночные;
- производственные;
- критерий локальных особенностей.

2. Количественный анализ с использованием классических методов оценки инвестиционных проектов (чистая текущая стоимость (NPV) – уравнение 1, NPV с поправкой на инфляцию – уравнение 2).

$$NPV = \sum_{t=1}^{i} \frac{NCF_t}{(1+k)^t} - I_0, \quad (1)$$

где NCF_t – чистый приток наличности за период t, k – ставка дисконтирования, I_0 – начальные инвестирования в проект

$$NPV_{\text{инф}} = \sum_{t=1}^{N} \frac{[(\text{Притоки})_t(1+n_i)^t - (\text{Оттоки})_t(1+n_0)^t](1-r) + dep_1 \times r}{(1+k)^t} - I_0, \quad (2)$$

где n_i – инфляция притоков, n_0 – инфляция оттоков, r – налог на прибыль, dep_1 – амортизационные отчисления за период.

3. Включение в анализ линейного проекта и расчет эффектов от реализации как циркулярного, так и линейного проектов.

4. Сравнительный анализ влияния эффективности линейного и циркулярного подходов компаний для развития экономики. Это нужно для того, чтобы дать возможность компаниям оценить выгоды и преимущества от следования циркулярным принципам.

Выводы. Таким образом, в ходе проведенного исследования были выполнены поставленные задачи, а именно: сделан обзор ключевых реализуемых циркулярных проектов, проведён анализ литературы по теме, определены критерии выбора циркулярных проектов, предложена методика оценки эффективности проектов в области циркулярной экономики, в дальнейшем данная методика будет использована нами для обоснования и прогноза положительных эффектов от реализации циркулярных проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф., Теплая К.В. Переход от устаревшей традиционной экономической модели к новой устойчивой модели – циркулярной экономике // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19–24 ноября 2018 г. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. Ч. 2. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – С. 438–441.

2. Nikolay I. Didenko, Yuri S. Klochkov and Djamilia F. Skripnuk. Ecological Criteria for Comparing Linear and Circular Economies, Resources 2018, 7(3), 48; https://doi.org/10.3390/resources7030048.

3. Диденко Н.И. Концепция моделирования устойчивого развития территории, Сб. трудов III международной научно-практической конференции Устойчивое развитие социально-экономических систем: наука и практика, под ред. Ю.С. Руденко, Л.Г. Руденко. – Москва: Издательство: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2016. – С. 250–262.

4. Конахина Н.А. Влияние конъюнктурообразующих факторов на развитие мировой экономики // Сборник научных трудов XVI Международной научно-практической конференции. – 2011. – С. 12–16.

5. Афоничкина Е.А., Афоничкин А.И. Процессы изменений в экономических системах: рост и развитие // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2015. – С. 190–197.

6. Киккас К.Н. Моделирование устойчивого развития арктического региона России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2015. – С. 142–147.
7. Horizon-2020. Официальный сайт The EU Framework Programme for Research and Innovation. – URL: https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/.
8. CEO Guide to the Circular Economy. World Business Council for Sustainable Development, Maison de la Paix, Chemin Eugène-Rigot 2B CP 2075. 1211, Geneva 1, Switzerland. https://docs.wbcsd.org/2017/06/CEO_Guide_to_CE.pdf.
9. Программы национального проекта «Экология». – Официальный сайт Национального проекта «Экология». – URL: https://нацпроектэкология.рф.
10. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии РФ. – URL: http://www.mnr.gov.ru/.

УДК 658.8:303

И.С. Смирнова, З.А. Злобина, И.В. Скворцова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВАЖНОСТИ РЕФЛЕКСИИ СТУДЕНТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТОВ СПбПУ

В настоящее время Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого является партнером международного проекта «AREA 21», связанного с разработкой стратегий энергосбережения существующих структур. Проект AREA 21 («Районы умных городов 21 века») программы INTERREG Baltic Sea Region направлен на моделирование энергоэффективных городских районов будущего [1, 2]. Но одной из основных задач этого проекта является внедрение процессов взаимодействия заинтересованных сторон (стейкхолдеров) в стратегическом планировании и реализации энергетических решений. Для реализации взаимодействия с заинтересованными сторонами необходимо получение от них обратной связи.

Целью работы является оценка важности влияния рефлексии студентов на стратегию развития международных проектов. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить способ получения обратной связи.
2. Изучить выбранный метод исследования и разработать механизм использования.
3. Сформулировать гипотезу о степени связи вовлеченности студентов в проблему энергосбережения и их информированности и мотивации, которая определяется посредством рефлексии

Методы и результаты исследования. В современном мире важно понимать, что для привлечения людей к любой деятельности важно учитывать такой фактор, как мотивация. Без личной мотивации участников невозможно получить высоких результатов. Рефлексия является мощнейшим механизмом развития внутренней мотивации. Рефлексия – это процесс исследования и контроля самих себя, своих перспектив, атрибутов, опыта и действий/взаимодействий [3]. Рефлексия может быть направлена не только на познание собственных взглядов, но и на изучение мира другого человека. Данный процесс имеет несколько особенностей, который достаточно подробно описаны в современной философской энциклопедии. Выделяются две особенности рефлексии:

– осмысление человеком: своих собственных действий, культуры и ее оснований, деятельности самосознания, раскрывающей специфику душевно-духовного мира человека;

– осознание практики, культуры и ее модусов – науки, искусства, религии, нравственности и самой философии [4].

Ретроспективный характер рефлексии поможет получить представление об исследуемой группе, увидеть внутренний и внешний взгляды на изучаемую проблему, обозначить пути движения вперед и сформулировать предложения по повышению вовлеченности студентов в вопросы энергосбережения.

Рефлексия на прямую связана с целеполаганием. Человек, выполняя личную рефлексию, формулирует результаты, определяет цели и корректирует последующие действия. Для осуществления коммуникативной рефлексии (рефлексии, направленной на изучение внутреннего мира другого человека, его поступков и причинно-следственных связей, ведущих к ним), состоящей из таких блоков, как мотивационный, операционно-познавательный, рефлексивно-оценочный – был выбран метод анкетирования. Анкетирование является одним из основных методов исследования во всех сферах деятельности. Данный метод поможет выявить мнения заинтересованных сторон для последующего использования полученной информации в принятии решений по разработке стратегий развития исследуемого проекта. Предоставленная информация будет подвергнута переработке, сравнению, осмыслению, исследованию.

Существуют различные признаки классификации анкет. Для данного исследования наиболее подходящей будет анкета, отвечающая следующему набору характеристик: выборочный охват; участники делятся на группы; комбинированная форма вопросов; удаленный контакт с респондентом; online анкетирование.

Перед созданием анкеты необходимо определить ее цели и задачи. В нашем случае целью анкетирования является определение степени заинтересованности студентов в проблеме энергосбережения и получение от них информации о способах мотивации стейкхолдеров для ее решения.

Задачами данной анкеты являются:

– определение долей студентов, интересующихся и не интересующихся данной проблемой;

– выяснение причин отсутствия интереса к данной проблеме;

– определение источников сходных рекламных акций;

– получение возможных идей по увеличению мотивации к решению данной проблемы.

Перед серией вопросов необходимо обязательно написать вступление, таким образом, выполнив мотивационный этап рефлексии, который даст исчерпывающее объяснение темы и цели анкеты, технику заполнения опроса и введет респондента в учебную задачу данной работы. В разработанной анкете были указаны краткое описание проекта и цель анкетирования.

При формулировании вопросов необходимо выполнять обязательные условия: соответствие вопросов исследовательской задаче, однозначность толкования и интерпретации, ясность и конкретность формулировок, учет терминологии.

В разработанном анкетировании расположили вопросы от простых и нейтральных по смыслу до сложных, требующих размышления и открытого ответа. Количество вопросов – 7, примерное время прохождения анкетирования – 10 минут.

Анкетирование выбрано в формате online, поэтому для создания было использовано приложение, разработанное для online-анкетирования компанией Google – Google Forms. Данный способ анкетирования позволяет произвести быстрый сбор информации, ее структурирование, обработку и анализ. Результат по составлению анкеты и получению первичных результатов во время тестирования формы представлен на рис. 1 и 2.

Решение проблемы никогда не начинается непосредственно с эксперимента. Этой процедуре предшествует важный этап – формулирование гипотезы. Гипотеза — это

утверждение, содержащее предположение относительно решения стоящей перед исследователем проблемы [5]. Она должна быть сформулирована на четком грамотном языке, соответствующем предмету исследования так, чтобы истинность выдвинутого в ней предположения не была очевидна. Гипотеза предшествует как решению проблемы в целом, так и каждой задаче в отдельности, в процессе исследования уточняется, дополняется или изменяется, нуждается в проверке, в ходе которой опровергается или подтверждается. В нашем случае гипотеза должна содержать предположения о степени вовлеченности студентов. Мы можем предположить, что большинство студентов не заинтересованы в решении проблем энергосбережения, но их вовлеченность и мотивация могут возрасти посредством постоянной информированности и акцентирования внимания на связке «студент – конечный пользователь». Данная гипотеза будет принята истинной или ложной по результатам анкетирования студентов СПбПУ.

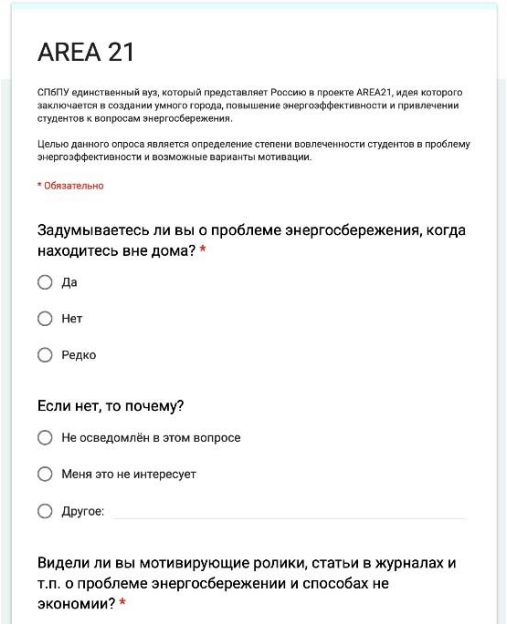


Рис. 1. Вид разработанной анкеты



Рис. 2. Первичные результаты пробного тестирования

Следующим шагом является процесс исследования потребителей ресурса, который в нашей работе проводился с помощью анкеты. В анкетировании приняли участие 215 респондентов.

Для интерпретации результатов анкетирования можно использовать различные методы, например, ранжирование, шкалирование и графическая обработка информации. Но для достижения поставленной цели и задач в исследовании было достаточно анализа результатов, проводимого автоматически приложением Google Forms. Были получены доли заинтересованных студентов, определен канал и установлена форма рекламы, получена информация о мероприятиях по повышению мотивации.

Более эффективной разработке стратегии способствует активное вовлечение участников / конечных потребителей продукта (стейкхолдеров) в данную деятельность, в том числе, на основе использования аналитических данных и проведения социальных опросов. Взаимосвязь сторон при разработке стратегии может помочь решению основных задач, однако в настоящее время наблюдается слабое взаимодействие групп (управляющих органов и стейкхолдеров). Концепция вовлечения как возможный эффективный механизм интеграции управляющих структур и стейкхолдеров способствует пониманию интересов участников и удовлетворению потребностей сторон. Основная идея данной системы заключается в достижении взаимного согласия по поводу стандартов и выставлении требований к качеству, которое планируется получить по итогу разработки продукта.

В своей работе мы приводим пример привлечения студентов в процесс разработки системы мероприятий по вовлечению конечных пользователей в проблему энергосбережения и экономии ресурсов. В качестве инструментов использовались: анонимный опрос стейкхолдеров на территории СПбПУ и участие в разработке предложений по повышению уровня мотивации конечных пользователей к сбережению энергоресурсов. Социологический опрос и рефлексия студентов Политехнического университета позволили составить портрет и определить вектор стратегического развития. Студент Политехнического университета – это человек, который не задумывается о проблеме энергосбережения, не осознает важности проблемы и необходимости ее решения, и главное – не идентифицирует себя с конечным пользователем энергоресурса, но он готов изменять привычное поведение и уделять внимание данному вопросу. Как уже отмечалось ранее в статье, процесс разработки стратегии должен сопровождаться с учетом мнения целевых групп потребителей, поэтому стратегия развития международных проектов СПбПУ будет уделять внимание мотивации студентов и включать блоки, касающиеся социокультурного просвещения и информированности. Также, результаты опроса подтверждают выдвинутую ранее гипотезу и позволяют разрабатывать более эффективную стратегию по увеличению степени вовлеченности пользователей в проблему энергосбережения.

Выводы. Подводя итог, можно сказать, что рефлексия является прямым отражением размышлений человека, его самоанализа, и исходя из этого занимает главенствующую роль при формировании стратегии, которая учитывает позицию участников. Правильно подобранный механизм проведения рефлексии позволит провести диагностический срез и обеспечить побуждение респондентов к определённой деятельности. Стратегия является в том случае эффективной, если учитывает интересы стейкхолдеров и налаживает непрерывный диалог между всеми заинтересованными сторонами.

ЛИТЕРАТУРА

1. «AREA 21, Baltic Smart City Areas for the 21th Century». – URL: https://area21-project.eu/ (Дата обращения: 10.10.19).

2. Ю.Р. Нурулин, И.В. Скворцова. Проблемы повышения доступности энергетической инфраструктуры Санкт-Петербурга. – В сборнике: Неделя науки СПбПУ: Материалы научной конференции с международным участием. Лучшие доклады. – СПб., 2016. – С. 255–259.

3. Andy Gillett, Angela Hammond, Mary Martala. Inside Track to Successful Academic Writing. Longman, 2013. – 123 с.

4. В.С. Стёпин, А.А. Гусейнов, Г.Ю. Семигин, А.П. Огурцов. Новая философская энциклопедия в 4-х томах. – М.: Мысль, 2010. – Т. 1–4. – 2234 с.

5. Р.А. Пилоян. Основы научно-исследовательской деятельности: Учебное пособие / Московская государственная академия физической культуры. – Малаховка: МГАФК, 2007. – 63 с.

ГУМАНИТАРНЫЙ ИНСТИТУТ

УДК 372.881.111.1

В.А. Буров, Н.В. Попова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ВУЗЕ

Термин «геймификация» означает использование игровых элементов и игровых механик в неигровом контексте. Использование геймификации позволяет сделать рутинный, неинтересный процесс увлекательным, похожим на игру. Геймификация широко применяется в различных областях человеческой деятельности – бизнесе, социальной сфере, образовании, спорте, охране окружающей среды и т.д. Данная концепция приобрела широкую известность благодаря онлайн курсу «Gamification» [1], разработанному в 2012 году Кевином Вербахом, профессором Уортонской школы бизнеса. Курс одним из первых был представлен на новой платформе «Coursera». Необычное содержание курса, а также огромный интерес к открытым онлайн курсам в целом заставили множество учёных обратить внимание на геймификацию как на предмет научного исследования. В настоящее время изучением геймификации в обучении иностранным языкам занимаются такие учёные как Дебора Хили, Исса Р. Мчуча, Хорхе Ф. Фигероа-Флорес и др. [2–4].

Примечательно, что на момент появления курса «Геймификация» на сайте «Coursera», эта концепция была уже применена на самом сайте. Студенты, выполняя задания, в конце обучения получали виртуальный сертификат престижного университета. Кроме того, видеолекции и задания появлялись на сайте не сразу, а постепенно, каждую неделю. Таким образом онлайн обучение имитировало учёбу в реальном университете. В то время это было новое явление, которое привлекло множество людей, в основном тех, кто уже получил высшее образование, но хотел быть причастным к «лиге плюща». Получилось подобие ролевой игры, в которой приняли участие десятки тысяч студентов по всему миру.

Пользователи первых курсов на платформе «Coursera» не считали себя просто пользователями. Они считали себя настоящими студентами, и были полностью вовлечены в спонтанно возникшую ролевую игру. В социальных сетях создавались группы с тысячами пользователей, где участники вместе готовились к сдаче промежуточных и финальных тестов, обсуждали получение сертификатов и их возможную значимость для работодателя. Сами преподаватели были приятно удивлены тем, что на их курсы записались тысячи студентов, готовых внимательно их слушать. При этом, в традиционных университетах, где они работали о такой популярности у студентов можно было только мечтать.

По нашему мнению, если бы организаторы «Coursera» использовали потенциал этой ролевой игры – создали бумажные сертификаты для лучших студентов, организовали встречи с преподавателями, изготовили значки престижных университетов – дали бы возможность онлайн-студентам почувствовать себя «настоящими выпускниками» престижных университетов, то это могло бы огромный стимул для роста популярности онлайн-образования и развитию «Coursera» как бизнес-проекта. Однако данная возможность не была использована в должной степени. Скорее всего, этот потенциал просто не был замечен, или у создателей курса не было достаточных ресурсов и специалистов. В результате, через какое-то время ажиотаж вокруг онлайн-курсов спал, несмотря на то, что их количество увеличилось и появились даже целые учебные программы. В настоящее время открытые онлайн курсы стали широко распространены и воспринимаются просто как один из источников информации, дополнение к основной учёбе. Вполне возможно, что в будущем

создатели онлайн курсов всё же придут к идее использования геймификации для развития своей платформы, но для этого необходимо провести определённую подготовку. Необходимо понимание того, что геймификация требует научного подхода, изучения целевой аудитории, подбора тех игровых компонентов, которые будут эффективны в данном конкретном случае. Также важна обратная связь со студентами, чтобы понимать, какие методы работают, а какие – нет. При правильном подходе компания, применившая на своей платформе подобную систему, получит значительные конкурентные преимущества.

Актуальность исследования геймификации в обучении иностранным языкам обусловлена тем, что данное направление является новым, развивающимся, требующим разработки методик внедрения игровых элементов и механик в учебный процесс, согласования между собой игровых целей и целей учебного процесса, разработки методик проверки эффективности внедрённой системы геймификации. Несмотря на то, что в настоящее время геймификация активно используется в различных областях человеческой деятельности, это не всегда приносит желаемый результат. Часто под геймификацией понимают простое механическое введение системы баллов и жетонов для поощрения сотрудников, клиентов, студентов за активность. Однако сама по себе такая система не приводит к формированию устойчивой мотивации и вовлеченности в учебный, рабочий или бизнес-процесс. Также, успешное внедрение системы геймификации часто носит случайный характер, когда разработчики интуитивно нашли подход к целевой аудитории и вызвали формирование желаемого поведения.

Целью работы является теоретическое обоснование необходимости включения игровых элементов и механик в учебную программу студентов технического вуза. *Задачи* исследования – разработка методики обучения студентов с использованием геймификации и демонстрация её эффективности. *Методами* исследования являются анализ литературы по геймификации, методике обучения иностранному языку, теории мотивации, обобщение опыта применения геймификации в обучении иностранным языкам, моделирование игровых сценариев для разрабатываемой методики, практика разработки упражнений с использованием игровых элементов и механик, беседа, анкетирование и тестирование для изучения целевой аудитории, эксперимент по проверке эффективности геймификации в обучении иностранному языку [5].

Несмотря на то что игры являются неотъемлемой частью повседневной жизни человека, само понятие игры не так просто определить. В своих «Философских исследованиях» Людвиг Витгенштейн [6] на примере понятия «игра» демонстрировал неточность языка – игра в футбол, в карты, игра слов – это всё игры, но разница и сходство между ними то появляются, то исчезают. Кевин Вербах приводит два подходя к определению игры «Play» (спонтанная игра для выхода накопившейся энергии) и «Game» (игра по определённым правилам) [1]. Про игру в значении «Play» Л. Выготский говорил: «она есть исполнение желаний, но не единичных желаний, а обобщенных аффектов» [7, с. 324]. То есть, к игре приводят нереализуемые желания, особенно это актуально для детей, игра выступает важным элементом обучения.

Понятие «Game» – это закрытая система, в которой существуют правила и выбор, который делают игроки, приводящий к неравным результатам. В онлайн-курсе «Игропрактика в образовании», разработанного в НИТУ «МИСиС» и представленном на платформе «Открытое образование» в 2019 году, даётся такое определение понятию «игра»: «Игра – пространство свободного выбора и взаимодействия, в котором участники принимают правила осознанно, ответственно и с удовольствием» [8]. Для игрока игра является самоцелью, он получает удовольствие от самого процесса игры, геймификация делает неигровой процесс похожим на игру, но приносящий при этом реальные результаты.

В своей книге «Вовлекай и властвуй» К. Вербах и Д. Хантер выделяют внутреннюю, внешнюю геймификацию, а также геймификацию, меняющую поведение (рис. 1).

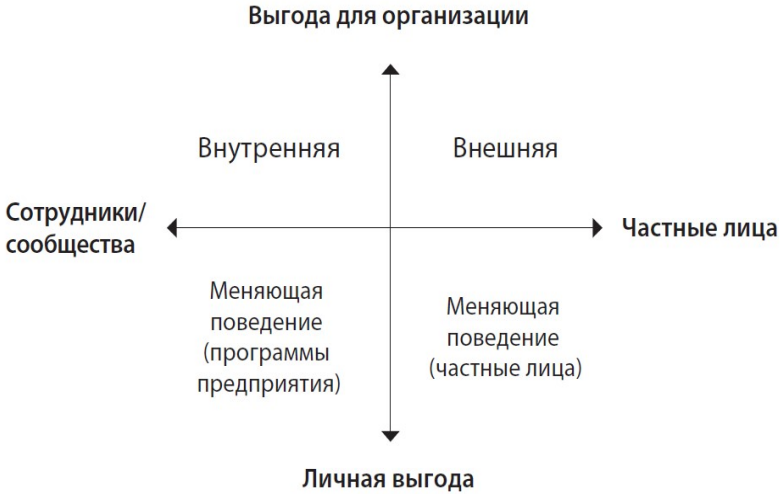


Рис. 1. Виды геймификации

Внутренняя геймификация – это использование игровых инструментов и механик для повышения производительности внутри организации. Примером может служить использование Россом Смитом геймификации в компании Майкрософт для поиска ошибок в переводе. Поскольку продукция Майкрософт переведена на многие языки, оказалось, что в переводах возникло множество ошибок, требующих исправления носителями языка. Использование игровых элементов и механик превратило процесс поиска ошибок в игру, в которой различные департаменты компании соревновались между собой. Такой подход, с одной стороны, показал эффективность геймификации, но при этом выявил некоторые этические проблемы. Игровой процесс предполагает, что участники вовлечены в него добровольно и получают от этого удовольствие. Если работникам не нравится внедрённая система, и набор игровых очков вызывает стресс, то использование геймификации следует прекратить. Внешняя геймификация предполагает использование игровых элементов с целью воздействия на клиентов компании. Например, компания «Найк» использует датчики, встроенные в кроссовки, благодаря которым можно отследить количество шагов, сделанных клиентами. Специальное приложение позволяет использовать полученную информацию и превратить процесс ходьбы в увлекательную игру. Таким образом, пользователи приложения становятся постоянными клиентами компании.

Геймификация, меняющая поведение, наиболее интересна с точки зрения обучения иностранным языкам, так как основной задачей данного вида геймификации является выработка у человека или группы людей требуемой привычки [10, с. 28–35]. Например, чтобы заставить людей выбрасывать мусор в контейнер, в одном из парков Швеции поставили мусорный бак со специальным оборудованием, издающим звук падения предмета с большой высоты. Посетителям парка так понравилась эта игра, что они стали специально искать мусор вокруг, чтобы бросить его в этот контейнер. Также правительства разных стран используют различные игровые методы для формирования социально ответственного поведения у различных групп населения [10]. Таким образом, влияя на студента или учебную группу при помощи различных игровых элементов, можно сформировать у них вовлеченность в процесс обучения иностранным языкам.

Примером удачного применения геймификации в обучении иностранным языкам можно назвать приложение для смартфонов «Duolingo» [9]. В результате использования данного приложения в течение трёх месяцев (немецкий язык) нами была проверена эффективность применённой в нём системы геймификации. Приложение предлагает набор из нескольких типов упражнений для изучения иностранного языка. В него входят упражнения на лексику, грамматику, аудирование и произношение. Лексика даётся с опорой

на родной язык, а грамматика даётся интуитивно, поэтому, по нашему мнению, необходимы базовые знания по грамматике для обучения с помощью этого приложения.

В приложении «Duolingo» используются следующие игровые элементы: очки опыта за выполненные упражнения, игровые уровни, разделённые в зависимости от сложности и темы, жетоны за достижения, лидерборд (виртуальная доска с перечислением полученных наград и достижений), виртуальная валюта и рейтинг участников с разделением на лиги. Система геймификации приложения мотивирует пользователя заниматься иностранным языком. Различают внешнюю и внутреннюю мотивацию. Внешняя мотивация, согласно бихейвиористскому подходу (И. Павлов, Б. Скиннер), – это способ побуждать людей к действию за счёт внешних стимулов. Внутренняя мотивация, согласно когнитивному подходу (Э. Дэси, Б. Райан) – это сильное внутреннее желание роста, которое движет человеком. В геймификации используется как внутренняя, так и внешняя мотивация – внутренний интерес к игре дополняется различными внешними стимулами в виде наград и поощрений. Как утверждают разработчики «Duolingo», самым популярным иностранным языком, изучаемым в Швеции с помощью данного приложения, является шведский (за счёт мигрантов). Это пример внешней мотивации, когда люди вынуждены учить язык чтобы интегрироваться в общество. Согласно другому утверждению, при помощи «Duolingo» ирландский язык изучает больше людей, чем население Ирландии. Это говори о внутренней мотивации, людям просто интересно учить этот язык. Важно, чтобы у пользователя была задействована не только внешняя, но и внутренняя мотивация, это важно для вовлечения его в процесс обучения.

В качестве внешних стимулов приложение присылает пользователю сообщения, напоминающие о необходимости выполнить упражнение и подбадривающие пользователя непосредственно во время выполнения заданий. Для формирования внутренней мотивации хорошо подходят различные интересные сведения об изучаемом языке, которые пользователь читает перед выполнением упражнений, а также возможность «добавлять в друзья» других пользователей приложения. Основным мотивирующим компонентом является участие в рейтингах. По результатам соревнования самые успешные пользователи переходят в следующую лигу, а наименее успешные пользователи теряют свои позиции и переходят в предыдущую лигу. Вторым по значимости мотивирующим компонентом являются виртуальные жетоны, которые выдаются пользователям за различные достижения в изучении иностранного языка. По нашему мнению, соревновательный компонент эффективен, но нарушает плавность учебного процесса, заставляя пользователей интенсивно заниматься в конце недели, чтобы обогнать соперников перед подведением итогов. В начале недели практически все участники отдыхают после стрессовой гонки за местом в рейтинге, выполняя несколько заданий, или вообще не заходят в приложение. К концу недели пользователи снова активизируются, и всё повторяется. Чтобы выровнять учебный процесс, разработчики дают дополнительные очки и жетоны за ежедневную учёбу.

Однако эти поощрения действуют временно, как пишет Кевин Вербах, пользователи часто «перегорают» и теряют интерес к баллам и рейтингам [10]. В онлайн курсе «Игропрактика в образовании» А. Комиссаров говорит о «синдроме отмены» – ситуации, когда игровые методы наскучили студентам, а учиться без игровых методов они уже отвыкли [8]. Тем не менее, за три месяца нами было пройдено 14 тем по 5 уровней сложности в каждой, выучено около 300 слов. В среднем приложение мотивирует заниматься примерно по 3 дня в неделю. Это то, что Кевин Вербах называет геймификацией, меняющей поведение, формирующей полезную привычку [10]. Важным компонентом, который мешает «Duolingo» стать таким же увлекательным как игра – это классический вид самих упражнений. Выполнение этих упражнений воспринимается как учёба, а не как игра и требует волевых усилий от пользователя. По нашему мнению, использование игровых элементов на этом уровне могло бы значительно повысить вовлеченность пользователей.

Выводы. Таким образом, геймификация является перспективным, динамично развивающимся направлением. Данная концепция используется в различных отраслях человеческой деятельности. Использование геймификации в обучении иностранным языкам позволяет превратить рутинный процесс в увлекательную игру. Однако, для того чтобы эффективно применять геймификацию, в том числе в обучении иностранным языкам, требуется научный подход.

ЛИТЕРАТУРА

1. Coursera. Gamification. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.coursera.org/learn/gamification (дата обращения 5.10.2019).

2. Healey D. Gamification / Deborah Healey. – Macmillan Education. – 2019. – 11 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.macmillaneducation.es/wp-content/uploads/2019/04/Gamification-White-Paper_Mar-2019.pdf (дата обращения 5.10.2019).

3. Mchucha I.R. Developing a Gamification-Based Interactive Thesaurus Application to Improve English Language Vocabulary: A Case Study of Undergraduate Students in Malaysia / Mchucha, Zamhar I. Ismail, Rose P. Tibok // Proceedings of 64th ISERD International Conference, Seoul, South Korea. – 2017. – 18–19 (1). – P. 17–24.

4. Figueroa Flores J.F. Using Gamification to Enhance Second Language Learning / J.F. Figueroa Flores // Digital Education Review. – 2015. – 27 (1). – P. 32–54.

5. Щукин А.Н. Обучение иностранным языкам. Теория и практика: учеб. пособие для преподавателей и студ. / А.Н. Щукин. – 2-е изд. – М.: Филоматис, 2006. – 476 с.

6. Витгенштейн Л. Философские исследования / Л. Витгенштейн. – Москва: АСТ. – 2011. – 347 с.

7. Глаголева К.С. Л.С. Выготский о роли игры в психическом развитии ребенка // Молодой ученый. – 2017. – № 4. – С. 324–326.

8. Открытое образование. Игропрактика в образовании. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://openedu.ru/course/misis/IGRO/ (дата обращения 5.10.2019).

9. Duolingo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.duolingo.com/welcome (дата обращения 5.10.2019).

10.Вербах К. Вовлекай и властвуй / К. Вербах, Д. Хантер. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 224 с.

УДК 811.112.2

А.С. Лисицына
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КАУЗАТОРЫ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ «СТРАХ» В ТЕКСТАХ НЕМЕЦКИХ ЛЮТЕРАНСКИХ ХОРАЛОВ: КОРПУСНОЙ КОНТЕНТ-АНАЛИЗ

Исследование языковой репрезентации категории эмоционального состояния – одно из наиболее активно развивающихся направлений в современной лингвистике. Проблеме выражения эмоций в языке посвящены работы многих отечественных и зарубежных языковедов, таких как Н.Д. Арутюнова, Ю.Д. Апресян, Л.Г. Бабенко, Е.М. Вольф, Н.А. Красавский, Е.В. Падучева, В.И. Шаховский, З. Кёвечеш, Дж. Лакофф, У. Остер и др.

Эмоциональные состояния пронизывают всё человеческое существование, сопутствуют любой деятельности и универсальны в том смысле, что играют важную роль в психической жизни каждого индивида и тесно связаны с когнитивными процессами. В то же время в описании психических переживаний в разных языках обнаруживается национально-культурная специфика. В связи с этим для изучения лингвистической репрезентации эмоций особенно продуктивным представляется лингвокультурологический подход, позволяющий выявить особенности языковой картины мира определенного этнокультурного сообщества.

В настоящей работе анализируется языковая репрезентация каузаторов страха, представленных в немецком протестантском дискурсе. Выбор эмоционального состояния «страх» в качестве объекта исследования связан с тем, что страх относится к так называемым базовым или первичным эмоциям и обладает экзистенциальной значимостью как для отдельной языковой личности, так и для лингвокультурного сообщества в целом [1, с. 30]. Страх – одна из самых сильных эмоций. Это универсальная категория, являющаяся составной частью культуры каждого народа. При этом вербальная репрезентация страха в разных языках имеет свои особенности. Национально-культурная специфика выражается, в частности, в том, что страх может иметь разные причины возникновения.

При изучении эмоций как явлений, не доступных непосредственному наблюдению, лингвисты прибегают к когнитивному моделированию, решая проблему языкового представления внутренних переживаний в терминах прототипических сценариев, ситуаций или «сцен». В рамках данного исследования используется термин «прототипическая ситуация», понимаемая как некая идеализированная абстракция, или когнитивная модель ситуации [2, с. 111]. Основными компонентами прототипической ситуации эмоционального состояния являются субъект состояния (экспериенцер), само эмоциональное состояние и причина (каузатор) [3, с. 55]. В рамках типологии каузаторов, разработанной в когнитивной лингвистике, выделяется физическая, волитивная, воздействующая и побуждающая каузация. Применительно к эмоциям целесообразно говорить в первую очередь о воздействующей (affective) каузации, предполагающей модификацию эмоционального состояния субъекта под воздействием какого-либо явления или положения дел [4, с. 104].

Вопросы причинности (каузации) эмоциональных состояний постоянно привлекают внимание ученых, но пока не получили достаточного освещения в литературе, что и обусловило выбор каузаторов страха в качестве предмета исследования. Необходимость изучения данного элемента прототипической ситуации обусловлена самой природой страха, возникающего как ответная реакция (проявляющаяся на всех уровнях – от физиологии до сознания) на некоторый угрожающий фактор, внутренний или внешний раздражитель. В связи с этим страх обычно относят к так называемым реактивным или мотивированным эмоциям. «Мотивированный» характер этого эмоционального состояния может выражаться в языке самым непосредственным образом: многие предикаты страха имеют обязательный семантический актант, соответствующий каузирующему событию или субъекту (*бояться чего-то, кого-то*) [5, с. 258].

Материалом работы послужил корпус, включающий тексты 535 общепринятых немецкоязычных евангелическо-лютеранских хоралов XVI–XX веков [6].

Хорал – музыкально-религиозный жанр в форме народной песни. Простые по форме, удобные для общинного пения строфические гимны, в том числе сочиненные лично Лютером, традиционно служили средством популяризации идей Реформации и до сих пор являются непременным атрибутом протестантского богослужения. Хоралы обладают исключительной значимостью для протестантской культуры и могут считаться языковым выражением духовной жизни немецких лютеран, «зеркалом» протестантской картины мира. К тому же как образец религиозного дискурса эти тексты представляются весьма плодотворным источником для изучения интересующего нас эмоционального состояния. Страх – важная составляющая религиозного сознания. Религия много говорит о страхе, и христианством накоплен огромный опыт в осмыслении этого феномена. Однако общность прецедентных библейских текстов не исключает различий в интерпретациях между разными христианскими конфессиями.

В ходе исследования методом поиска конкордансов с помощью корпусного менеджера Sketch Engine были отобраны контексты, содержащие слова, входящие в состав лексико-семантического ядра концепта «страх» [7, с. 9]. В изученном корпусе к ядерным элементам относятся лексемы, принадлежащие к семантическим классам эмоционального состояния и

эмоционального воздействия, – субстантивные (*Angst, Furcht, Ehrfurcht, Schrecken, Zittern, Grauen, Bange*) и глагольные (*erschrecken, grauen, fürchten, scheuen, entsetzen*). Далее проводился контент-анализ с целью выявить те сочетания с указанными лексемами, в которых каузация страха выражена эксплицитно. При этом особое внимание обращалось на синтаксическую однородность либо синтаксический параллелизм конструкций, содержащих ключевые лексемы. В контекстах с глагольными лексемами учитывались семантико-синтаксические роли (семантического субъекта и семантического объекта) слов контекста.

В результате было выявлено около 20 примеров, описывающих прототипическую ситуацию страха. Анализ позволил разделить причины, вызывающие страх, на пять групп. Первая группа каузаторов представлена лексемой *Tod* (смерть). Данная лексема сочетается как с субстантивными (*Schrecken, Grauen*), так и с глагольными лексемами (*scheuen*). Особенность данной группы в том, что выявленные контексты часто включают слова или морфемы с семантикой отрицания. В этих контекстах актуализируется мотив борьбы со страхом смерти и надежды на вечную жизнь, свойственный религиозному мироощущению. Например,

Ich ***scheue nicht den bittern Tod*** */ und bin gewiss in aller Not: Wer glaubt, ist unverdorben* («Не страшна мне злая смерть. Во всякой скорби я твердо знаю – кто верит, не погибнет»).

Unverzagt und ohne Grauen */ soll ein Christ, wo er ist, / stets sich lassen schauen. / Wollt ihn* ***auch der Tod*** *aufreiben, / soll der Mut dennoch gut / und fein stille bleiben* («Христианину всегда и во всем подобает бесстрашие. Даже близость смерти не должна лишать его мужества»).

Со страхом смерти тесно связан страх Божьего суда и адских мук, загробной кары за грехи. Эта группа была обобщенно названа «Судный день». В группу включены лексемы, представляющие развернутую метафору суда: нарушение установленного порядка (*Sünde* грех, *Schuld* вина), процедура суда (*Gericht* суд, *Urteil* приговор) и последующее наказание (*Hölle* ад, *Flammen, Glut* пламя). Как и в предыдущей группе, в контекстах частотны элементы с семантикой отрицания. Например,

Hilf <...>, / dass, wenn nun dein großer Tag / uns erscheint und ***dein Gericht, / ich davor erschrecke nicht*** («Сделай так, чтобы я не устрашился, когда настанет день Твоего суда»).

Nichts, nichts *kann mich verdammen,* ***nichts*** *nimmt mir meinen Mut; / die* ***Höll und ihre Flammen*** *löscht meines Heilands Blut. /* ***Kein Urteil mich erschrecket****, kein Unheil mich betrübt* («Не грозит мне проклятье, и ничто не лишает отваги. Своей кровью Спаситель загасил адское пламя. Не страшит меня никакой приговор и не печалит никакая беда»).

… die Schuld ist allzumal / bezahlt durch Christi teures Blut, / dass ich ***nicht mehr darf fürchten / der Hölle Qual und Glut*** («Христос искупил все мои грехи праведною кровью, чтобы я мог не страшиться адских мук и пламени»).

Er kommt, er kommt mit Willen, / ist voller Lieb und Lust, all Angst und Not zu ***stillen****, / die ihm an euch bewußt. Auch* ***dürft ihr nicht erschrecken / vor eurer Sünden Schuld****; nein, Jesus will sie* ***decken*** */ mit seiner Lieb und Huld* («Спаситель близок, он грядет, полный любви, готовый унять наши горести и страхи. Не страшитесь тяжести греха. Его любовь и милость принесут вам искупление»).

Ob es jetzt gleich kracht und blitzt, / ob gleich ***Sünd und Hölle schrecken****, / Jesus will mich decken* («И пусть кругом сверкает и гремит, пусть грех и ад страшат меня – Иисус меня укроет»).

Таким образом, в данной группе в качестве каузатора страха выступает представление о посмертном суде и возмездии за проступки и грехи человека. При этом следует отметить, что в большинстве контекстов этой группы утверждается (в полном соответствии с положениями лютеранского богословия), что верующий не должен бояться Судного дня, ведь он уповает на Христа. Если бы Христос действительно был только суровым судьей,

никто не устоял бы перед ним. Лютер же утверждал, что Христос – милостивый судья [8, с. 273].

Третья группа каузаторов может быть обозначена как «Величие Бога». Вызванный созерцанием Божьего величия религиозный «страх» представляет собой сложную эмоцию, в которой присутствуют положительные компоненты. В выявленных контекстах для языковой репрезентации этой эмоции характерно однородное сочетание лексем, одна из которых содержит семантический компонент «страх, трепет», а другая – компонент «восторг, восхищение». Например,

Gott ist die Lieb und lässt die Welt erlösen. Dies kann mein Geist ***mit Schrecken und Entzücken*** *am Kreuz erblicken* («Бог есть любовь и Спаситель мира; с ужасом и восторгом созерцаю я очами сердца своего твой Крест»).

Wenn ich dies ***Wunder*** *fassen will, / so steht mein Geist* ***vor Ehrfurcht*** *still* («Пытаясь постичь чудеса Твои, мой дух застывает в благоговении»).

Таким образом, объект, вызывающий эмоцию, воспринимается не столько как опасный, сколько как могущественный, бесконечно превосходящий человека. Возникающий в результате этого религиозного опыта амбивалентный эмоциональный отклик можно обозначить как священный трепет или «нуминозное чувство», то есть иррациональное переживание таинственного и устрашающего божественного присутствия. Как отмечал Р. Отто, «сколь бы ужасающе-страшным ни являлось божественное душе человека, оно будет для нее столь же притягательно-волнительным» [9, с. 59].

Четвертую группу каузаторов можно объединить под названием «Будущее». Эти контексты выражают сомнения, неуверенность в будущем и страх неопределенности, который одолевает каждого человека в течение жизни. В корпусе данная группа представлена лексемами с семантикой *Zukunft* (будущее) и *Morgen* (завтрашний день):

Wir glauben deinem Wort und ***fürchten doch das Morgen*** («Мы верим твоему слову и всё же страшимся утра»).

Bange vor der unbekannten Zukunft */ legen wir dies Kind in deine Arme* («Страшась неизвестного будущего, мы вверяем это дитя в Твои руки»).

Наконец, к пятой группе, условно названной «Жизненные испытания», были отнесены причины страха, связанные с жизненными трудностями, невзгодами, несчастьями. Превратности судьбы часто выражаются метафорически: каузаторами страха могут выступать ночь, темнота или буря. Например,

Mich hat auf meinen Wegen manch harter ***Sturm erschreckt****; / Blitz, Donner, Wind und Regen hat mir* ***manch Angst erweckt****; / Verfolgung, Haß und Neiden, ob ich's gleich nicht verschuld't, / hab ich doch müssen leiden und tragen mit Geduld* («Бури и грозы встречают меня на земном пути, устрашают дожди и ураганы; обрушиваются гонения, вражда и злоба; не моя в том вина, но я должен смиренно это принимать»).

Langer ***Nächte Unheilsschritt*** */ muss mich nun* ***nicht mehr erschrecken*** («Мне больше не страшны шаги беды в долгой ночи»).

Du bist's allein, Herr, der stets wacht, / zu helfen und zu stillen, / wenn mich ***die Schatten finstrer Nacht / mit jäher Angst erfüllen*** («Ты вечно бдишь и готов утешить, когда во мраке ночи меня охватывает страх»).

Отметим в заключение, что в сферу нашего анализа не вошли многочисленные контексты, в которых наличие страха постулируется как неизбежный атрибут земной жизни без эксплицитного объяснения причин этого состояния, что соответствует понятию метафизического страха-тоски (*Angst*), которое подробно разработано в философии экзистенциализма, но изначально восходит к теологии Лютера. Здесь *Angst* выступает как немотивированное состояние, беспредметное и беспричинное [10, с. 576; 1, с. 35].

Итак, в результате проведенного корпусного контент-анализа было выявлено 5 основных групп каузаторов страха в немецком религиозном дискурсе: смерть, Судный день,

величие Бога, будущее и жизненные испытания. Определение наиболее актуальных для представителей лютеранской культуры причин возникновения страха позволило дополнить описанное в научной литературе представление о страхе в немецкой языковой картине мира. Выявленные каузаторы демонстрируют культурные предпочтения и ценностные представления данной лингвокультурной общности. Перспективным направлением будущих исследований видится сопоставительный анализ осмысления страха и его каузации в немецкой лютеранской и русской православной лингвокультуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чеснокова Л.В. Метафизический страх и тоска в немецкой и русской культурах: Дис. ... канд. филос. наук. – Омск, 2015. – 153 с.

2. Трушкова Л.О. Лингвокогнитивное моделирование прототипической ситуации эмоционального состояния sadness // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. – 2011. – № 3 (15). – С. 111–116.

3. Вольф Е.М. Эмоциональные состояния и их представление в языке // Логический анализ языка. Проблемы интенсиональных и прагматических контекстов. – М.: Наука, 1989. – С. 55–75.

4. Позднякова Е.М. Событие как когнитивная структура // Репрезентация событий: интегрированный подход с позиции когнитивных наук. Отв. ред. В.И. Заботкина. – 2-е изд. – М.: Издательский дом ЯСК, 2017. – С. 93–111.

5. Петрухина Е.В. Комбинаторика морфем и смыслов при номинации эмоционального переживания в русском языке в сопоставлении с чешским // Slavische Wortbildung: Semantic und Kombinatorik. – Munster-Hamburg-London, 2002. – С. 247–261.

6. Evangelisches Gesangbuch – Ausgabe für die Evangelisch-Lutherischen Kirchen in Niedersachsen und für die Bremische Evangelische Kirche. Hannover/Göttingen, eingeführt im Advent. – 1994.

7. Булатова А.М. Лексико-фразеологические средства репрезентации эмоционального концепта страх в немецком и русском языках: Дис. ... канд. филол. наук. – Казань, 2015. – 223 с.

8. Шварц Г. Христианская вера и традиция Лютера / пер. с нем. – М.: Изд-во ББИ, 2017. – 290 с.

9. Отто Р. Священное. Об иррациональном в идее божественного и его соотношении с рациональным. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. – 274 с.

10. Вежбицкая А. Семантические универсалии и описание языков / пер. с англ. – М.: Языки русской культуры, 1999. – 780 с.

УДК 81`25

Н.С. Кычкин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРЕВОД В РЕЖИМЕ БЕГУЩЕЙ СТРОКИ И ОНЛАЙН-СИНХРОННОГО МЕДИАПЕРЕВОДА: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В эпоху бурного развития цифровых технологий средства масс-медиа являются одними из важнейших источников распространения информации, в связи с чем начинает появляться большое разнообразие форматов новостных сообщений. В результате возникает необходимость локализации данных материалов; аудиовизуальный перевод при этом становится именно тем связующим звеном, которое помогает решить данную проблему. *Актуальность* данной темы заключается в том, что в настоящее время аудиовизуальный перевод является одним из самых востребованных направлений, находящим свое отражение во многих сферах деятельности, однако недостаточная разработанность теории в области масс-мультимедиа создает ряд сложностей.

Целью данной статьи является определение наиболее эффективных путей и способов оптимизации процесса аудиовизуального перевода новостных сообщений. К основным задачам относятся анализ теоретической литературы, определение специфики

аудиовизуального перевода новостных произведений, изучение особенностей языка СМИ, анализ особенностей перевода в режиме бегущей строки и онлайн-синхронного медиаперевода.

Основными *методами* данного научного исследования стали: метод анализа и синтеза теоретического материала, описательный метод.

Согласно А.В. Козуляеву, аудиовизуальный перевод обозначает процесс создания нового полисемантического единства на языке-реципиенте на основе единства, существовавшего на исходном языке, причём таким образом, чтобы оно оказывало на носителя языка-реципиента такое же эмоциональное и поведенческое воздействие, как и на носителя исходного языка; чтобы полисемантическое единство стало элементом культуры языка-реципиента, не было ему чуждо [1, с. 13]. Следует отметить, что к данной сфере, помимо переводов кинопроизведений, телепередач и локализации видеоигр, может относиться и перевод интервью, комментариев, репортажей, обзоров, перевод в режиме бегущей строки и онлайн-синхронный медиаперевод новостей.

В статье рассматриваются особенности перевода в режиме бегущей строки и онлайн-синхронного медиаперевода новостей. Поскольку особенностью новостных сообщений является их актуальность и моментальность, данные типы аудиовизуального перевода позволяют быстро локализовать новостные материалы. Следует отметить, что оба понятия имеют временные ограничения, налагаемые на переводчика, поскольку текст переводится синхронно с речью оратора. В обоих случаях умение постоянно переключать внимание с одного объекта на другой является ключевым для переводчика, поскольку одновременно воздействованы аудиальный и визуальный каналы восприятия, вербальные и невербальные факторы коммуникации. Однако в первом случае переводчик имеет дело с титрами, поэтому в первую очередь задействован визуальный канал восприятия; в то время как во втором случае текст воспринимается на слух, поэтому главенствующую роль играет аудиальный канал.

К общим чертам следует также отнести и то, что в обоих случаях необходимо осуществлять *языковую компрессию*, поскольку новостные произведения носят информативную функцию. Задача переводчика при этом максимально сжато передать основной смысл оригинала, поэтому возникает необходимость правильно определять цели медиадискурса (в частности новостного дискурса).

Для начала давайте определим, что из себя представляет медиадискурс: согласно Е.А. Кожемякину, данный термин представляет собой тематически сфокусированную, социокультурно обусловленную речемыслительную деятельность в масс-медийном пространстве, центральным предметом которого являются не столько, например, политические процессы, сколько способы их описания и передачи знания о них [2, с. 16]. Следует отметить, что в зависимости от цели высказывания медиадискурс обладает определенным содержанием: в тексте может описываться, объясняться (интерпретироваться), регулироваться деятельность адресатов, а также оказываться влияние на их сознание [там же].

Медиадискурс обладает достаточно большим количеством различных жанров: информационный, публицистический, новостной, рекламный, аналитический и т.д. В данном контексте наиболее актуальным является новостной дискурс: как отмечает Т.Г. Добросклонская, это совокупность текстов, функционирующих в сфере новостного вещания, взятых в единстве всех языковых и экстралингвистических характеристик, связанных с их производством, распространением и восприятием [3, с. 17]. Характерными чертами данного дискурса являются сжатость, оперативность и многообразие тем. Помимо вышесказанного, к особенностям можно отнести наличие краткого содержания (анонс новостного потока), главного события (т.е. основного сообщения), фона или контекста, вербальной реакции и комментариев, в которых содержатся прогнозы, выводы и любая

дополнительная информация, выражающая субъективную точку зрения автора [там же]. Исходя из вышеизложенного, следует подчеркнуть то, что при осуществлении языковой компрессии переводчик в первую очередь должен обращать внимание на цель, тематику и контекст новостного сообщения.

Среди общих черт также необходимо выделить такую особенность, как *стереотипичность речевых актов*. Новостные произведения изобилуют различными клишированными и устойчивыми выражениями, разговорной лексикой, идиомами, реалиями и т.д.: данные понятия представляют собой язык СМИ. Согласно Т.Г. Добросклонской, язык СМИ – это весь корпус текстов, которые производятся и распространяются с помощью средств массовой информации; это устойчивая внутриязыковая система, характеризующаяся определённым набором лингвостилистических свойств и признаков; это особая знаковая система смешанного типа с определённым соотношением вербальных и аудиовизуальных компонентов, специфическим для каждого из средств массовой информации: печати, радио, телевидения, интернета [4, с. 18].

Давайте подробно разберем каждый из типов перевода по отдельности. Согласно Т.И. Суриковой, перевод в режиме бегущей строки представляет собой перевод сообщения в одну-две строчки, сменяющие друг друга на экране через определенный промежуток времени. Таким образом, в нем вербальный код, т. е. речь, реализуется в обеих своих формах – устной и письменной [5, с. 61]. Как уже отмечалось ранее одной из важных черт данного типа перевода является *сжатость* текста, поскольку основная задача бегущей строки заключается в ознакомлении аудитории с основными событиями в стране и в мире; однако в отличие от онлайн-синхронного медиаперевода, для перевода в режиме бегущей строки характерна и *максимальная информативность языковой формы.* В результате, переведенное новостное сообщение получается предельно кратким, но в то же время обладает таким качеством, как высокая содержательность.

При работе с бегущей строкой переводчик имеет дело с логически завершенными сегментами, в результате чего не возникает необходимости осуществлять вероятностное прогнозирование, и что в свою очередь упрощает процесс перевода. К положительным качествам также можно отнести и уменьшение негативного влияния человеческого фактора: переводчик взаимодействует с аппаратурой, которая позволяет регулировать скорость прокрутки титров, размер и шрифт текста.

Среди сложностей, которые могут встретиться при работе с данным типом перевода, следует выделить *превышение порога восприятия информации* [6]. В связи с тем, что тексты «бегущей строки» должны быть максимально сжатыми и одновременно содержательными, очень часто возникает проблема с контролем качества текста; в итоге, переведенный материал становится сложным для восприятия реципиентами. С целью сократить сообщения, переводчикам очень часто приходится пренебрегать правилами *медиаэтикета,* что может негативно повлиять на отношение реципиентов к телепрограмме, поскольку данное понятие стандартизирует общение, обеспечивает психологический комфорт. Отсутствие медиаэтикета может также привести к полному или частичному обессмысливанию сообщения [там же]. Среди недостатков следует также отметить и то, что наличие двух спикеров может создать нагрузку на аудиальный канал восприятия медиатекста у реципиентов.

Под онлайн-синхронным медиапереводом новостей понимается перевод СМИ в режиме-онлайн, когда речь на ПЯ порождается одновременно с восприятием речи на ИЯ [7, с. 193]. При онлайн-синхронном медиапереводе новостей у реципиентов есть возможность слышать оригинальную версию, благодаря чему у них формируется более полное представление о теме новостного сообщения. С технической точки зрения данный тип перевода, как правило, требует меньше времени, нежели перевод в режиме бегущей строки.

Для онлайн-синхронного медиаперевода характерно использование *транскодирования* Суть транскодирования заключается в извлечении из долгосрочной памяти, в ситуации устного перевода, инвариантного соответствия языковой единицы (слова или словосочетания) ИТ и его подстановке в ПТ [8, с. 120]. Однако большую часть информации в новостных произведениях невозможно передать «буквальным» переводом: возникает необходимость осуществлять семантический синтез текста. Помимо вышесказанного важно акцентировать внимание и на таких критериях, как адекватность и эквивалентность, в результате чего текст должен легко восприниматься реципиентами.

Отличительной чертой данного типа перевода является *линейность и фрагментарность поступающей исходной информации*. Как отмечает А.Ю. Калинин, перевод должен начинаться уже тогда, когда еще не ясно, что именно будет говорить оратор, какова будет его аргументация и к какому заключению он придет [там же]: в итоге; переводчику необходимо осуществлять вероятностное прогнозирование в условиях дефицита предметно-тематических знаний.

К основным недостаткам следует отнести большое влияние человеческого фактора: переводчику необходимо воспринимать речь оратора, что может вызывать сложности в зависимости от темпа речи, дикции, громкости, наличия каких-либо речевых дефектов у говорящего. Следует также отметить и то, что наличие двух спикеров может создать нагрузку на аудиальный канал восприятия медиатекста у реципиентов.

Таким образом, нами были рассмотрены два типа аудиовизуального перевода: перевод в режиме бегущей строки и онлайн-синхронный медиаперевод новостей. Следует отметить, что в обоих случаях перевод осуществляется синхронно, поэтому переводчик ограничен во времени. Перевод в режиме бегущей строки представляет собой работу с логически завершенными сегментами, что убирает необходимость вероятностного прогнозирования. К особенностям также можно отнести значительное влияние технических средств на процесс перевода. Онлайн-синхронный медиаперевод предполагает наличие, как минимум, одного оратора, говорящего на переводимом языке. Человеческий фактор играет ключевую роль в данном случае, что может создать ряд сложностей для переводчика. Учитывая все вышеизложенное, нами было установлено, что наиболее эффективным типом перевода является перевод в режиме бегущей строки благодаря снижению роли человеческого фактора и уменьшению нагрузки на аудиальный канал восприятия и переводчиков и реципиентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козуляев А.В. Обучение динамически эквивалентному переводу аудиовизуальных произведений: опыт разработки и освоения инновационных методик в рамках школы аудиовизуального перевода // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2015. – № 3. – С. 3–24.

2. Кожемякин Е.А. Массовая коммуникация и медиадискурс: к методологии исследования // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2010. – № 2. – С. 13–21.

3. Добросклонская Т.Г. Медиалингвистика: системный подход к изучению языка СМИ: учеб. пособие. – М.: Флинта: Наука, 2008. – 262 с.

4. Добросклонская Т.Г. Новостной дискурс как объект медиалингвистического анализа // Дискурс современных масс-медиа в перспективе теории, социальной практики и образования. – Белгород, 2016. – С. 13–22.

5. Сурикова Т.И. Письменная речь на телеэкране: семиотические и прагматические аспекты // Мир русского слова. – 2017. – № 1. – С. 61–67.

6. Сурикова Т.И. Бегущая строка на телеэкране и культура медиаречи [Электронный ресурс] // Медиаскоп. 2017. Вып. 2. URL: http://www.mediascope.ru/2323 (дата обращения: 1.12.2019).

7. Балаганов Д.В. Место синхронного перевода в системе видов перевода и его особенности // Филологические науки. вопросы теории и практики. – 2019. – № 5. – С. 192–197.

8. Калинин А.Ю., Михайловская М.В. О дуалистическом принципе синхронного перевода (на материале перевода телетрансляций политических пресс-конференций) // Теория языка и межкультурная коммуникация. – 2019. – № 3. – С. 119–130.

УДК 378.1:341.95

B.S. Whitford, N.G. Fersman
Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University

ENGLISH LANGUAGE AS THE CORE OF GROUP WORK IN AN INTERNATIONAL ACADEMIC CLASS

The world as we know it is becoming more connected to each other every day. You can especially see this in Universities because of the wide range of students choosing to do their studies abroad. In a modern university, it is very common to visit a classroom and see a wide range of different cultures interacting with each other. It can be seen, that just by day-to-day activities, students will communicate and work together.

It is a known fact, that English is the International language. This is why English shouldn't be undermined, because it acts as a bridge to connect the students. English, having indisputably become the International language, shouldn't be undermined, because it acts as a bridge to connect the students.

It was concluded by some scientific researchers that the best way to encourage these cross-culture interactions in an International Academic Class is during group work. Let us agree with the opinion that *"one prominent source of interaction between domestic and international students is collaborative group work, which has previously been shown to enhance the student learning experience"* [1].

This article focuses on proving that cross-cultural group work has many benefits, explores the possible problems which could happen and gives an understanding on why English could be the core of this activity. The term culture is generally understood to mean a way of thinking and living whereby one picks up a set of attitudes, values, norms and beliefs that are taught and reinforced by other members in the group.

Because we will be analyzing the interaction during group work in an International Academic Class, we have chosen a number of our associates which come from United States of America, Russia and also China to answer a few questions about their experiences in Cross Cultural Group Work. This will provide us with the problems and create solutions to create an effortlessly active environment during group work in the Academic Class.

Advantages of an International Academic Class. When you have a classroom with students who come from a number of countries, studying together to achieve a main goal in education, it is called an *International Academic Class*. These students will have some individual tasks and also group work. Here, we will talk more about group work because it requires these students from different cultures to communicate and create a relationship to be able to complete the work. By doing so, the students should be able to use their knowledge in English language during their class work. For almost all cases, English would be the shared language spoken by all students. Teachers should provide more encouragement for students to do group work with students who are from other countries or even who are not specifically in their friend group. *"Learning in a global classroom offers students the opportunity to increase their awareness and understanding of other cultures, promotes critical thinking, and helps to develop an appreciation for other points of view"* [2].

Role of English Language. When situated in an international classroom, students tend to find themselves in a sea of foreign languages. This also depends on where the student comes from and where the university is located. There are some situations where the student could be the only

student from his/her country, and the only way to communicate with other students is by using the International Language "English". Extra care must be given to these students and even to teachers who are encouraged to include these students in classroom activities.

Students are required to learn English in almost all International Universities because it is proven to be a useful tool for their future. With the current development of the world, the importance of English language has been gaining momentum. By studying in an International Academic Class, students have an advantage of being able to practice it every day.

It has been said that "being able to work effectively in a multilingual context is a key 21st century skill, so it is important that international classroom learning is designed in such a way that allows both learners and teachers to see linguistic diversity as a resource rather than a barrier to learning" [3].

Types of Group Work. Group work is defined *as a classroom practice where "students work in teams to construct knowledge and accomplish tasks through collaborative interaction"* [4]. To have a successful group work you must be able to openly and freely communicate with the other members in your group. It is expected that all members have a clear understanding of the task and each help in their own way to complete the task efficiently and effectively.

Some of the group work that is usually found in the classroom are *discussions, presentations* and *creating reports*.

During *discussion* group works, the students have a better chance to communicate their opinions on certain topics. This gives the opportunity to learn more about your group members. In the activity of group discussions, all members must equally participate so everyone will be able to make a united conclusion of the discussion.

While working on a *presentation* in a group, you must show your creativity and be confident to be able to stand out. The teachers would give the students a topic to unravel and they must be able to present that topic in an interesting and informative way.

There is also the case of *creating a report*. It is proven to be more difficult than the other group works because the students can't simply just divide the task and do separate things. They must sit down together and discuss each step and information they wish to add to the report. This might cause the problem of some students working more than the others.

Cross-cultural Group Work. Being a student of International Business, I have come accustomed to working with students from other countries. The experience I had while learning in an International Academic Class, has given me skills which will accommodate me in the future. This has helped me to not only improve my ability in English, but also to learn how to adapt and appreciate the values from my cross-cultural classmates.

The beauty of working with foreigners is that you never know what to expect and what you will learn. Some authors have elaborated that: "*cross-cultural group work provides a number of benefits to students, such as the development of key graduate employability skills*" [5]; "*group work can also benefit international students' academic and social adjustments"* [6];*"it has been highlighted that working in small groups with students from different countries over a sustained period of time can lead to more diversified social networks within large classrooms"* [7].

In cross-cultural group work you will be able to learn about the overall process of how people do group work in other own countries. With each background, comes different procedures and even perspectives on this activity. This could help you, by implementing the positive parts you learn from other students in your future group work.

By participating in cross-cultural group work, there is the opportunity to make friends with a diverse group of students. This could benefit each student in the sphere of cultural knowledge and in the chance of traveling to their country. If the students have a good relationship, they would be able to help each other with information and even with their services (accommodating them or help organizing the trip). It could even become a true friendship or become a bridge to meet more friends.

In an attempt to get a better understanding we have asked 10 people each from Russia, China and United States of America whether they would prefer doing group work with foreigners or locals (people from their own countries). The 30 associates are all students between the age of 18–21. All students have had experience working with foreigners, and most of the students are currently studying in Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University. Figure 1 shows the ratio chosen by the students from each country.

Many of them were feeling inconclusive about their answers but they could only choose one option. The results as we see them are actually quite interesting. For Russian, it's a fifty-fifty answer. 7 of the Chinese students chose to work with foreigners and the rest with other Chinese students. And from the American students, 9/10 of them chose to work with foreign students.

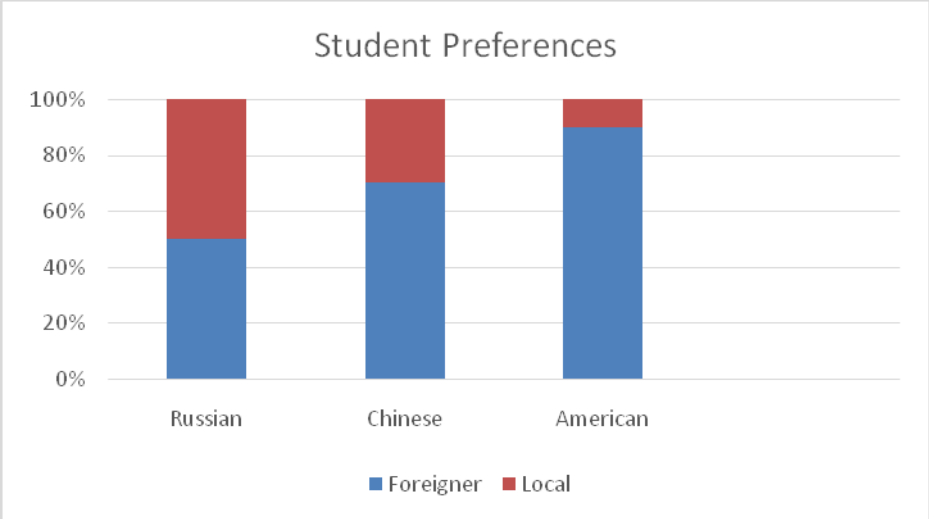


Figure 1

The reasons they gave, for why they would choose to work with foreigners was mostly because they think it is very interesting to work with foreigners and they could learn new things from each country. They believe that, they could have a new mindset on how they see the world and people around them. Some even mentioned that it helps improve the language they would need to use during this interaction (usually in English).

And for those who chose locals was because it is much easier to communicate and understand each other. They said they've had problems in the past when doing group work because of the language barrier they had. It is better for them to have a nice flow of communication so the work can be done quickly.

The main difference between the students of these 3 countries is that for Americans, English is their native language. It is reasonable for Americans to choose to work with foreigners because they won't have difficulty communicating in English. However, Russian and Chinese students must first learn to speak and understand English well before they could have a proper interaction with each other.

Problems and its unraveling. There are many factors that could prevent group work in an International Academic Class. The *main problem* we have discovered is related to *language barrier*. As we did our interviews with students, this came up the most when asked the struggles they experienced. Fortunately, this can be easily avoided by the students actively practicing their English skills with friends or family during their free time. Students could also take extra English lessons outside of university to achieve a better and faster result.

Secondly, there is the issue of social relationships. The students must first be open to cross-cultural communication before being put in a group with foreigners. Thankfully, most students who

chose to study in an International class are fully aware of this. The students who aren't as motivated as the others should realize that this is a very good opportunity for them to branch out.

Another struggle would be the unfamiliarity among these students. There will always be a social tension that happens to anyone who meets new people, unless you are overly charismatic of course, but this could become a serious problem if not dealt with.

"While observing small groups in problem-based learning environments, found students were initially 'tense and quiet,' but became more active within their groups after getting to know one another" [8]. This indicates that the students should first take time to get to know one another, to dissolve the social tension between them, before they could start working together in a group.

There is also the fact that different countries also mean different cultures and backgrounds. To be able to adapt to a foreign place is an amazing quality. This feature grows by time with the more people you meet and the more you learn from each meeting. You can know the limits in conversation topics by doing some research about the country that your groupmate is from. This can prevent a clash and possibly an argument.

It should be noted that there are also different levels of education in different countries. Generally, it shouldn't be a problem but there could come a time where some students might not understand the work given by the teacher (whether it's the topic or even the technology to implement it). The other students in the group must be understanding and help everyone to complete it. There should be no feeling of shame because it is completely normal.

Conclusion. This research was made to show, what exactly it means to have group work in an International academic class. From everything we have discovered, it reflects the reasons for having such activities in the classroom. There are many benefits to having cross-cultural group work because it can help the students of the International Class overcome language barriers, adapt easily, learn about different countries, have a more open personality and have better connection with people from all over the world. We have also discovered the importance of English as the language that used to connect the students.

REFERENCES

1. Bliss C.A., Lawrence B. Is the Whole Greater Than the Sum of its Parts? A Comparison of Small Group and Whole Class Discussion Board Activity in Online Courses // Journal of Asynchronous Learning Networks. 2009. V.13, Iss.4. P. 2 –39. DOI: 10.24059/olj.v13i4.1646.

2. Yew Chung. International School of Shanghai. Growing Up In A Globalized World // The real benefits of getting a global education and learning in a World classroom. URL: http://thestudyabroadblog.com/benefits-of-global-education/.

3. Educational Quality at Universities for inclusive international Programs. The Role of Language in the International Classroom. URL: https://equiip.eu/wp-content/uploads/2019/06/00.EQUiiP_TheRoleofLanguage_ThematicText_v01Aug2019.pdf.

4. Rance-Roney, J.A. Reconceptualizing interactional groups: Grouping schemes for maximizing language learning. English Teaching Forum, 48(1), 20–26. 2010. DOI: http://americanenglish.state.gov/files/ae/resource_files/10-48-1-d.pdf.

5. Denson N., Zhang S. The impact of student experiences with diversity on developing graduate attributes. Studies in Higher Education, 35(5), 529–543. 2010. DOI: https://doi.org/10.1080/03075070903222658.

6. Wang Y. Mainland Chinese students' group work adaptation in a UK business school. Teaching in Higher Education, 17(5), 523–535. 2012. DOI: https://doi.org/10.1080/13562517.2012.658562.

7. Rienties B., Grohnert T., Kommers P., Niemantsverdriet S., Nijhuis J. Academic and social integration of international and local students at five business schools, a cross-institutional comparison. In P. Van den Bossche, W.H. Gijselaers & R.G. Milter (Eds.), Building learning experiences in a changing world. Vol. 3, pp. 121–137. 2011. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0802-0_8.

8. Takahashi S., Saito E. Changing pedagogical styles: A case study of the Trading Game in a Japanese university. Teaching in Higher Education, 16(4), 401–412. 2011. DOI: https://doi.org/10.1080/13562517.2011.560377.

УДК 159.9.07

А.М. Дубенский, И.В. Юдина, Ю.С. Извекова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЛИЧНОСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРНЕТ ЗАВИСИМЫХ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

В настоящее время феномен зависимости от Интернета приобретает все большую актуальность. Контакт с виртуальной реальностью с помощью всевозможных электронных устройств стал неотъемлемой частью ежедневной деятельности. Однако, атрибутом современности становится не только быстрое распространение информационных технологий, но и их патологическое влияние на жизнь человека.

Более 55 тыс. болезней, травм и расстройств, включая теперь и игровую зависимость, включены в опубликованное 18 июня 2018 года Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) XI издание Международной классификации болезней (МКБ-11). По данным федеральной службы государственной статистики в 2010 году интернетом в России пользовались 43,3 млн человек, в 2015 году – 78 млн человек, в 2017 году – 87 млн человек (73% населения), по данным компании Mediascope к октябрю 2019 года – более 90 млн человек (78 % населения). Молодые люди в возрасте 15-34 лет являются основными пользователями Интернета, и такой прирост неизбежно ведет к увеличению численности интернет-зависимых [1]. В настоящий момент число интернет-зависимых в мире составляет 10% от общего числа пользователей [2]. Исследователи относят Россию к ряду стран, в которых замечена тенденция перехода от среднемирового к превышающему среднемировой уровень интернет зависимости [3].

Внимание исследователей интернет-зависимости привлекают её различные аспекты, например, влияние социального окружения [4], особенности поведенческих характеристик, а также психологические особенности личности зависимых [5]. Психологические особенности личности интернет-зависимых вызывают особый интерес на протяжении 20 лет. Но крайне важно отметить и то, что существуют направления, в которых изучение проблемы интернет-зависимости не проводилось обширно, в частности, такой областью является конфликтологическая отрасль знаний.

Ряд исследований связывают интернет-зависимость с зависимым поведением человека в целом [5], однако однозначного понимания в отношении этого вопроса нет. Выделение максимально точного ряда характеристик личности склонной к интернет- зависимости, мы считаем практически и теоретически важным на данный момент.

Целью данного исследования является подтверждение наличия взаимосвязи между избираемыми стратегиями поведения в конфликте, личностными особенностями испытуемого и наличием или отсутствием тенденции к интернет-зависимости.

Исследование проводилось в Санкт-Петербурге в октябре 2019 года. В исследовании приняли добровольное участие 120 студентов 1 курса Института энергетики и транспортных систем Политехнического университета в возрасте от 18 до 20 лет. Респонденты по желанию оставляли свои имена, а также псевдонимы, позволяющие определить и сопоставить бланки ответов по всем методикам, участвующим в исследовании. Удалось безошибочно идентифицировать и обработать ответы 31 участника. Таким образом, общий объем выборки составил 31 человек, из которых – 11 женщин и 20 мужчин.

В исследовании были применены три методики:

1. Фрайбургский личностный опросник (FPI-B), созданный на основе результатов исследования личности, проведенного в г. Фрайбург, адаптированный и модифицированный в 1989 году на факультете психологии ЛГУ А.А. Крыловым и Т.И. Ронгинским по договору о

научном сотрудничестве с Гамбургским университетом, представляющий оценку готовности к проявлению агрессии испытуемым на момент исследования [6, 7].

2. Тест CIAS или «Шкала интернет зависимости Чена» (Разработчик: S.-H. Cnen, 2003 год, Китай), адаптированный Факультетом клинической психологии Московского государственного медико-стоматологического Университета Росздрава в 2011 году и по интегральным показателям, позволяющий оценить наличие или склонность к интернет зависимому поведению [8].

3. Опросник «Стиль поведения в конфликте» (далее по тексту – СПК), разработанный К. Томасом для определения стиля/стратегии поведения в конфликте человека. Теоретическая база данной методики включает схему стратегий поведения в конфликте Томаса-Киллмана с которой могут быть ознакомлены участники теста. В России тест адаптирован Н.В. Гришиной, этим же автором был предложен метод использования данной методики при групповых обследованиях с использованием пар карточек [9].

Карточки содержат высказывания, содержащие краткое описание одной из пяти СПК и варианты её применения. Работа с карточками проводилась в парах сменного состава. Данная педагогическая модель подробно описана в научной литературе, и была применена нами для удобства проведения с одной стороны и максимального вовлечения в процесс исследования респондентов с другой стороны [10]. Респонденты, находясь в паре должны были протестировать друг друга: каждый имеет по карточке и описывает одну СПК приведенную в карточке, просит другого предположить, в каких случаях можно применять данную СПК наиболее эффективно, если ответ совпадает с одним из тех, что приведен в описании карточки, то участник получает один балл. После того, как участники протестировали друг друга, происходит смена пар и так до тех пор, пока не будет проведена проверка всех пяти СПК и не будут поставлены баллы за анализ карточек.

В нашем исследовании был использован коэффициент корреляции r-Спирмена, который используется с целью статистического изучения связи между явлениями, в нашем случае, личностных характеристик, уровня интернет зависимости и предпочитаемыми стратегиями выхода из конфликтных ситуаций. Для выявления корреляции при анализе данных использовался пакет прикладных программ статистической обработки данных IBM SPSS.

Обсуждение результатов. По результатам методики Чена, мы видим следующую тенденцию распространенности интернет зависимости в группе: 2 человека имеют сформированное и устойчивое интернет зависимое поведение, что составляет 6,4% выборки, 14 человек имеют склонность к возникновению интернет зависимого поведения (45,1 %) и минимальный риск интернет зависимого поведения присутствует у 15 человек из данной выборки, что составило 48,4 % респондентов.

При рассмотрении взаимосвязей методик «Интернет зависимости» Чена и «Фрайбургского личностного опросника» были сделаны следующие выводы: шкала «Интернет зависимости» коррелирует со шкалой «Невротичность», «Застенчивость», «Маскулинность – Феминность» на уровне значимости 0,05 и со шкалой «Раздражительность» на уровне значимости 0,01. Это позволяет говорить о том, что чем выше уровень интернет зависимости, тем выше уровень невротизации личности, человек имеет предрасположенность к стрессовому реагированию на обычные жизненные ситуации, повышенную тревожность, неуверенность и скованность, трудности в социальных контактах. А также имеют яркую выраженность высокой раздражительности и эмоциональной неустойчивости со склонностью к аффективному реагированию.

При рассмотрении взаимосвязей между личностными характеристиками и стратегиями выхода из конфликта, обнаружено, что стратегия «Принуждение» имеет обратную корреляцию со шкалой «Маскулинность – Феминность» на уровне значимости 0,05. То есть,

чем более выражена маскулинность и ригидность, тем более выражена и развита стратегия поведения в конфликте «Принуждение», подразумевающая заботу только о своих интересах.

Стратегия «Приспособление» коррелирует с такой характеристикой, как «Уравновешенность» на уровне значимости 0,01. Данная взаимосвязь говорит о том, что люди, хорошо защищенные от воздействия стрессогенных факторов обычных жизненных ситуаций, уверены в себе, активны, оптимистичны и легко приспосабливаются к быстро изменяющимся обстоятельствам как в повседневной жизни, так и в условиях конфликта.

Стратегия «Компромисс» имеет корреляционную взаимосвязь со шкалой «Общительность» на уровне значимости 0,05, это говорит о том, что респонденты, выбравшие данную стратегию выхода из конфликта, являются общительными личностями, могут легко входить в новые контакты, находить общий язык с окружающими, и обратную корреляцию со шкалами «Невротичность» и «Реактивная агрессия» – на уровне значимости 0,05, это указывает что, чем выше уровень невротизации личности, агрессивного отношения к социальному окружению и выраженного стремления к доминированию, тем ниже вероятность использования данной стратегии. Это утверждение верно и в обратную сторону.

Стратегии поведения в конфликте (СПК) Томаса-Килмана (варианте педагогической модели с применением карточек) [10].

Данная методика помогла выявить уровень владения каждой из пяти СПК. У студентов выявлено преобладание среднего уровня владения стратегией «Принуждение», 11 респондентов имеют средний уровень владения данной стратегией, 8 – низкий и 4 – высокий. Похожие результаты были выявлены по СПК «Уход и приспособление», отличия в результатах между данными стратегиями незначительно, но уровень владения СПК «Компромисс» и «Сотрудничество» значительно ниже. Таким образом, мы можем говорить о том, что студентам легче отстаивать свои интересы, не задумываясь о сохранении отношений во время конфликта, либо уходить от конфликта, сохраняя его, а также избегать конфликта, продолжая поддерживать отношения и не пытаясь отстаивать свои интересы. Важным является то, что у двоих испытуемых, имеющих интернет зависимость, выявлены низкие показатели владения всеми СПК, что может говорить нам о неумении респондентов разрешать конфликтные ситуации. Можно предположить, что низкий уровень владения СПК осложняет их взаимодействие с окружающими.

По результатам исследования выявлено небольшое количество респондентов в равной степени хорошо обладающих всеми СПК. Из всех респондентов можно выделить пятерых, не имеющих низких баллов по всем стратегиям и среди них трое, не имеют тенденции к формированию интернет-зависимости. А у двух других из пяти респондентов наблюдается слабая тенденция к формированию зависимости, при значениях показателей ближе к верхней границе нормы.

Выводы. Анализируя результаты, полученные в ходе данного пилотного исследования, мы можем заключить что:

1. Вместе с ростом количества пользователей сетью интернет число людей, подверженных интернет-зависимости, растет. Молодые люди в возрасте от 15–34 лет, являясь наиболее активными пользователями, подтверждают выраженность тенденции к формированию интернет-зависимости. Анализ данных по минимальной выборке студентов, участвующих в пилотном исследовании, показал, что 41,5% студентов, имеют тенденцию к формированию интернет-зависимости, а у 6,4% из них уже наблюдается устойчивое зависимое поведение.
2. Можно проследить корреляцию интернет-зависимости с поведенческими и личностными характеристиками. В ходе математической обработки данных, выявлена взаимосвязь интернет-зависимости с повышенным уровнем невротизации личности, а также высокими показателями застенчивости и раздражительности.

3. Выявление актуального уровня владения СПК студентов показывает, что студенты могут столкнуться с невозможностью, справится с межличностными, групповыми и социальными конфликтами.

Выявление тенденции к интернет-зависимости у студентов, позволяет своевременно предупреждать негативное изменения личностных характеристик, а в более тяжелых случаях – рекомендовать консультацию психолога или специалиста медицинского профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова В.В., Почтарь О.Ю., Ермолаева Е.В. Интернет-аддикции в современном обществе. Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN 2224-6150) 2015. Volume 5. Issue 12. Статистика интернет-зависимости у российских подростков. URL: http://security.mosmetod.ru/internet-zavisimosti/127-.

2. Ларионова С.О., Дегтерев А.С. Интернет-зависимость у студентов: вопросы профилактики. Педагогическое образование в России, 2013. Электронный ресурс КиберЛенинка, URL: https://cyberleninka.ru/article/n/internet-zavisimost-u-studentov-voprosy-profilaktiki.

3. С. Варламова, Е. Гончарова, И. Соколова Интернет-зависимость молодежи мегаполисов: критерии и типология. Мониторинг общественного мнения, 2 (126). Март–апрель 2015.

4. Мустафьева Г.Н. Социальные аспекты интернет-зависимости. Национальный психологический журнал, 2012. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-aspekty-internet-zavisimosti.

5. Спиркина Т.С Личностные особенности пользователей сети интернет, склонных к интернет-зависимости. Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И Герцена 2008. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/lichnostnye-osobennosti-polzovateley-seti-internet-sklonnyh-k-internet-zavisimosti.

6. Шамшикова О.А., Белашина Т.В. Адаптация Фрайбургского личностного опросника исследования факторов агрессии. Мир науки, культуры, образования (ISSN 1991–5497), № 6 (25), 2010. Электронный ресурс КиберЛенинка, URL: https://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-frayburgskogo-oprosnika-issledovaniya-faktorov-agressii-faf/viewer.

7. Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии: Учебное пособие / В.Д. Балин, В.К. Гайда, В.К. Горбачевский и др., под общей ред. А.А. Крылова, С.А. Маничева. – СПб.: Питер, 2000. – 560 с. (“Практикум по психологии”). ISBN 5-8046-0100-8.

8. Интернет-зависимое поведение. Критерии и методы диагностики: Учебное пособие. – М.: МГМСУ, 2011. – 32 с. (Учебное пособие для студентов факультета клинической психологии по дисциплине специализации «Психологическая коррекция аддиктивного поведения») Учебное пособие «Интернет-зависимое поведение. Критерии и методы диагностики» составлено зав. кафедрой, профессором В.Л. Малыгиным, клиническим психологом К.А. Феклисовым, доцентом кафедры А.С. Искандировой, аспирантами кафедры А.А. Антоненко, Е.А. Смирновой, Н.С. Хомерики. URL: http://www.medpsy.ru/library/library135.pdf.

9. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. Редактор-составитель – Д.Я. Райгородский. – Самара: Издательский Дом "Бахрах-М", 2000. – 157 с.

10. Захаров К.П. Педагогика высшего образования [Эл. ресурс]. Ч. 2. Диалоговые интерактивные формы обучения (на основе метода сочетательного диалога Александра Григорьевича Ривина): учебное пособие / К.П. Захаров; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 4,00 МБ). – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2016.

УДК 74.01/.09

А.Д. Елизарова, А.Д. Волошинова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ РЕДАКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕКСТОВЫХ ПЛАКАТОВ КАК ГРУППЫ ИЗДАНИЙ

Текстовый плакат прошел длинный путь от подобия книжной страницы до носителя новейших тенденций в изобразительном искусстве [1], чтобы вновь вернуться к текстовой форме, открыв ее по-новому. В первую очередь это выражается в работах Йозефа Мюллер-Брокманна.

Возможно, подобное возвращение вызвано стремлением к лаконичности и ясности, которые сегодня являются главным инструментом визуального воздействия. На этом строится актуальность нашего исследования.

Основная цель исследования: выявить особенности создания текстовых плакатов, составить рекомендации для их создания и проверить применимость полученных сведений для дизайна книжных обложек.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

– изучить работы исследователей по этой или смежным областям;
– определить элементы, которые нужно учесть при анализе художественных работ;
– провести анализ отобранных работ Й. Мюллер-Брокманна;
– составить рекомендации для создания шрифтовых плакатов;
– провести проверку книжных обложек на соответствие полученным критериям.

Основным методом выполнения задач будет непосредственный анализ выбранных изданий, сопоставление изданий между собой по заданным критериям, систематизирование полученной информации.

Выводы данного исследования могут быть использованы для дизайна книжных обложек, так как этот элемент издания играет большую роль в продвижении издания и его восприятии читателем и подчиняется тем же законам, что и текстовые плакаты, ведь его форма близка к плакатной.

Для практического анализа нам необходима теоретическая база исследования для шрифтовых плакатов и дизайна в целом. В процессе изучения существующей научной литературы на эту тему, мы определили элементы дизайна плаката и разделили их на очевидные и неочевидные.

К очевидным мы отнесем составные части плаката, которые воспринимают прямо, ясно и без предварительной подготовки: цветовое пространство [2, 3], шрифтовые решения [4], оформление текстовых блоков и смысловые акценты [5].

Неочевидные элементы действуют на зрителя подсознательно, незаметно упрощая восприятие и запоминание информации (или наоборот). Данная категория включает в себя композицию плаката. Мы рассмотрим, как очевидные элементы плаката взаимодействуют с пространством, как автор распоряжается пространством листа и вниманием смотрящего человека. На данном этапе работы мы опираемся на книгу Й. Мюллер-Брокманна «Модульные системы в графическом дизайне» и его исследования в сфере композиции и модульных сеток.

Модульные системы помогают создавать ритм страницы, направить внимание смотрящего и сэкономить его время и силы, оптимизировав сам процесс восприятия плаката и процесс разработки его дизайна.

Анализ работ Й. Мюллер-Брокманна по особенностям цветового пространства, шрифтовых решений и смысловых акцентов (в оформлении текстовых блоков) показал следующие результаты:

1. Цветовое пространство. Автор пользуется разными цветами, но с опорой на традиционно контрастные (белый, черный, красный). Основной задачей остается сохранение визуальной целостности.

2. Шрифтовое решение. Во всех плакатах использован гротескный шрифт. Это связано с повышением удобочитаемости плаката, скоростью и качеством его восприятия.

3. Смысловые акценты и оформление текстовых блоков. Никакой закономерности выявлено не было: для каждого плаката создавалось уникальное решение и по характеру информации, и по оформлению текстовых блоков.

Все эти элементы являлись материальным выражением индивидуальной концепции каждого плаката. Единственное, что повторяется в схемах построения этих плакатов – это формат, который можно воспроизвести определенным способом. Формула построения предполагает перенос циркулем диагонали квадрата на одну из его сторон. Так получается прямоугольник, разбитый на квадрат и еще один прямоугольник (см. рис. 1).

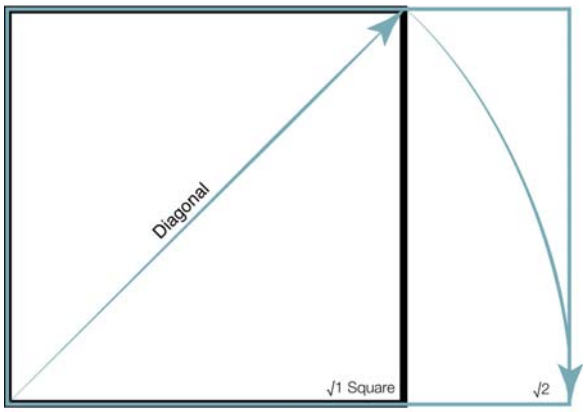


Рис. 1. Схема построения плаката

В результате этого лист делится на две части, в которых можно располагать блоки информации. Это чаще используется в дизайне книжных обложек, а не плакатов. Скорее всего, это связано с тем, что зачастую пространство обложки физически меньше пространства плаката, и формы книжной обложки должны быть более лаконичными.

Самым важным достижением данного подхода было обнаружение реальной системы и логики восприятия плаката. Это подразумевает подчинение всех материальных и очевидных элементов (цветового пространства, шрифтового решения, оформления текстовых блоков) одной цели: направить восприятие и внимание смотрящего. Также работы Мюллер-Брокманна в большой степени отличаются динамичностью, поэтому анализ именно его работ помог нам наиболее ясно и четко определить логику каждого плаката.



Рис. 2. Схема восприятия плаката. Пространство между строчками рисует крест



Рис. 3. Схема восприятия плаката. В данном случае плакат читается «крестом», а взгляд проходит через все точки, на которых расположена вся необходимая информация

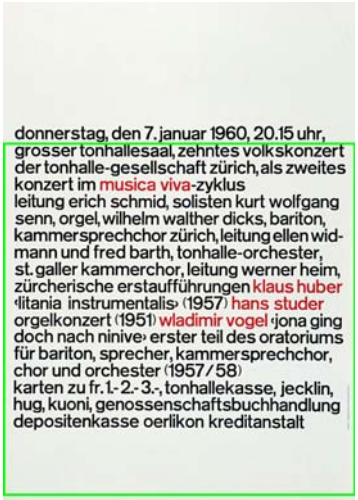


Рис. 4. Схема восприятия плаката. Разделяя пространство на квадрат, с помощью диагонали которого построен весь лист, и прямоугольник, появляющийся в процессе этого разделения, мы отметили, что из квадрата выпадает одна строчка. Она содержит информацию о дате и времени проведения концерта. Зрительно она будет отделяться

На примерах мы можем определить направление движения взгляда (см. рис. 2, 3, 4). Это осуществляется за счет силуэтного, художественного заполнения пространства. Форма, которая вырисовывается текстом и пространством вокруг и между него, остается в памяти ярким символом, образом. В данном случае большую роль играют графическая память и визуальное восприятие, которые превращают текст в изображение, в цветовые пятна. И именно эти пятна являются основными элементами композиции. Но превращение текста в цветовые пятна было бы невозможно без правильного использования очевидных элементов дизайна плаката.

Изучение книжных обложек издательства «Ad Marginem Press», которое выбрано нами из-за высокой степени соответствия современным тенденциям в графическом дизайне, подтверждает следование тем же принципам (см. рис. 5). Активно используется распределение информации на два блока: квадрат и прямоугольник. Часто один из блоков остается пустым, иногда текст проходит по границе между блоками. Все элементы соответствуют определенной философской и художественной концепции, это отражается на расположении и оформлении текстовых блоков. Закономерностей при работе с цветовым пространством и текстовым решением обнаружено не было.



Рис. 5. Примеры обложек книг издательства «Ad Marginem Press». Мы можем видеть, что деление пространства на исходные квадрат и прямоугольник – это достаточно частый прием для дизайна обложек

Итак, мы выявили принципы создания текстовых плакатов и подтвердили, что их активно используют в дизайне книжных обложек. Самым важным элементом плаката, на наш взгляд, оказалась композиция листа, которая определила использование и роль всех «очевидных» элементов плаката: цветового и шрифтового решений и распределение смысловых акцентов по текстовым блокам.

Одним из вероятных векторов дальнейшего развития темы исследования является изучение плакатов и обложек, при создании которых использовались изобразительные элементы. Изучение плакатов и обложек по отдельности представляет для нас одинаково большой интерес, так как при дизайне обложек нужно использовать пространство эргономично и наиболее эффективно из-за физически небольшого пространства обложки. Плакат же обычно содержит большее количество информации, что также усложняет работу над его дизайном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лю Цзяпь. Шрифтовой художественный плакат: традиции и современность. URL: http://cheloveknauka.com/shriftovoy-hudozhestvennyyplakat-traditsii-i-sovremennost (дата обращения 14.04.19).

2. Иттен И. Искусство цвета. – М.: Изд-ль Дмитрий Аронос, 2018.

3. Рудер Э. Типографика. – М.: Книга, 1982.

4. Ян Чихольд. Образцы шрифтов. – М.: Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2012.

5. Мюллер-Брокманн Й. Модульные системы в графическом дизайне. – М.: Студия Изд-ва Артемия Лебедева, 2014.

УДК 811

А.В. Дмитриев, Т.А. Славгородская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СЕМАНТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ BLACK ENGLISH В СОВРЕМЕННОМ АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

История формирования, развития и становления языка афроамериканцев, а также роль, которую он играет в современном американском обществе, – вне всяких сомнений является важной проблемой для изучения. Сейчас наблюдается всесторонний интерес не только к американской культуре, но в частности и к Black English, поскольку английский язык, будучи международным, способствует процессу глобализации. Этим и обуславливается актуальность выбранной темы исследования.

Цель работы заключается в том, чтобы отразить ключевые функционально-семантические особенности Black English на современном этапе английского языка.

В работе использовались следующие методы: метод реферирования теоретической литературы по проблематике и интерпретационный. Анализ теоретических источников дает нам право говорить о том, что проблема изучается всесторонне, авторы предлагают различные точки зрения на рассмотрение проблемы, обосновывают их, дают примеры употребления тех или иных грамматических и фонетических явлений. Наиболее полно этот вопрос рассмотрен в книге Соньи Лейнхарт “The Oxford Handbook of African American Language”, которая составлена на основе ее ранее изданных статей и теоретических материалов других авторов. Исследователь Лиза Грин в своей книге “African American English” также описывает особенности языка афроамериканцев, но уделяет больше внимания рассмотрению вопроса использования Black English в литературе и СМИ. Оба автора разделяют точку зрения, что изучение данной проблемы со временем становится все сложнее, так как не существует фактических данных, например, записей зарождающегося Black English, подтверждающих ту или иную теорию происхождения языка, его истории.

До сих пор ведется дискуссия о том, к какой разновидности языка отнести Black English. Некоторые ученые считают, что это вариант английского языка, другие относят его к отдельному языку. Существуют также и другие точки зрения: например, А.Н. Тюпин называет Black English диалектом, а А.Д. Швейцер считает, что это социально-этнический диалект, указывая на то, что принадлежность к этому диалекту определяется социальным статусом [1]. Тем не менее, большинство зарубежных исследователей склоняются к тому, чтобы называть Black English разновидностью английского языка (в англоязычных источниках используется термин “variety”) [2].

Также стоит обратить внимание и на наименование Black English, которое создает определенную проблему для изучения. Его называют African-American Vernacular English (AAVE), African-American English (AAE), Black English Vernacular (BEV), Black Vernacular English (BVE) и Ebonics. Последний термин представляет наибольший интерес, поскольку многие исследователи не включают его в список названий. Изначально, он был придуман Робертом Уилльямсом в 1973 году и получил широкое распространение во время обсуждения «Оклендской резолюции» 1996 года, когда школьный совет Окленда выступил с предложением узаконить преподавание на Black English, потому что детям афроамериканцев тяжелее было учиться на литературном английском. В этот период средства массовой информации и широкая общественность приняли термин «Ebonics» и использовали его взаимозаменяемо с другими наименованиями, не обращая на его изначально задуманное содержание внимание. Уилльямс включал в этот термин множество языков, на которых говорят чернокожие не только в Соединенных Штатах Америки, но также и на других территориях, например, на территории Карибского бассейна. Эрни Смит отмечает, что термин Ebonics не является синонимом Black English. Он также не считает Ebonics диалектом английского языка, поскольку язык афроамериканцев основывался на грамматике Нигеро-Конголезских языков Африки [2]. Сонья Лейнхарт в своей книге использует термин ‘African American Language’, поскольку считает это наименование нейтральным, по сравнению с ‘African American English’. Она не использует второй термин для того, чтобы обойти проблему влияния «британской культуры» и наличия спорных связей языка афроамериканцев с этой культурой [3]. Однако Лиза Грин использует термин ‘African American English’ и акцентирует внимание на том, что, выбрав это наименование, она имеет в виду афроамериканцев и афроамериканское сообщество и не ограничивается определенной возрастной группой [2]. Независимо от того, какой термин используют исследователи, их все относят к той разновидности языка, которая имеет определенные фонологические, морфологические, синтаксически и лексические закономерности.

Обращаясь к истории становления данного языка, лингвисты до сих пор не могут выяснить, как именно, а точнее – где, началось его формирование. Black English начали изучать в 1960-е гг. XX века, и считается, что именно Уильям Лабов сделал первые открытия в этой области [4]. В своей книге “Language in the Inner City” он выявил грамматические различия между языком афроамериканцев и стандартным американским английским языком и задался вопросом о том, к какой разновидности языка относится Black English. Например, он сразу же опровергнул мысль о том, что язык афроамериканцев – сленг, поскольку Black English имеет свои грамматические и фонетические правила [5].

Исследования по происхождению Black English основаны на имеющихся сравнительных данных с другими нестандартными вариантами английского языка, с африканскими языками и креольскими языками на Карибах [2]. Тем не менее, дискуссии очень часто начинаются с утверждения того факта, что африканские рабы были загнаны в среду, в которой они должны были учить английский язык. В некоторых исследованиях отмечается, что отличительные характеристики Black English встречаются также в Нигеро-Конголезских языках Африки, таких как Киконго, Манде и Ква. Таким образом, получается, что Black English структурно связан с западноафриканскими языками и имеет лишь поверхностное сходство с общим английским языком [6].

В основном выделяют 2 теории относительно происхождения Black English:

1. Афроамериканский язык – креольский, зародившийся в Западной Африке в XVII веке среди коренных народов и служивший в начале средством общения между аборигенами и английскими мореплавателями. Сторонники Креолистской гипотезы происхождения отмечают, что вероятность того, что рабы из Африки и Вест-Индии привезли с собой креольский язык, достаточно велика. Но в 90-е годы прошлого века уже существовало мнение о том, что различия в языке определялись по социальным и региональным аспектам. Поэтому ученые склонялись к тому, что на формирование Black English креольский язык оказывал влияние, но не был его основой [3].

2. Афроамериканский язык – язык рабов, привезенных в США, которым необходимо было учить английский язык в целях коммуникации. В данном случае, многие исследователи поддерживают точку зрения, что афроамериканский язык развился из Британского варианта английского языка и что африканские рабы, будучи в Америке, забыли свою родную культуры по приезде в Америку [7].

Обе точки зрения подчеркивают смешанный характер происхождения, но разнятся в определении места возникновения того языка, который стал непосредственным предшественником современного афроамериканского английского языка.

Однако стоит отметить и существование несколько иных точек зрения, которые, тем не менее, основывались на одной из предложенных выше. Так, например, сторонники субстратистской теории происхождения подчеркивали структурное сходство афроамериканского языка с Нигеро-Конголезскими языками и только лишь незначительное сходство с английским языком. То есть, данная точка зрения состоит в том, что афроамериканский язык является языковым субстратом африканского языка и английского [6].

Другие теории учитывают социальные и территориальные особенности происхождения языка. Например, дивергентная теория появилась в 1980-х годах прошлого столетия в работах Уильяма Лабова, которая подчеркивала, что именно различия с английским языком белого населения сформировали Black English. Он приобретал различия в связи с расизмом, сегрегацией и неравенством. Согласно Лабову, чем больше чернокожие контактируют с белой частью населения, тем больше они отдаляются от них в языковом плане, в то время как, контактируя с чернокожими, белые американцы больше используют в своем языке структуры и лексику языка афроамериканцев [6].

Исследователь Лиза Грин также затрагивала вопрос о региональных особенностях Black English. Она подчеркивает, что далеко не все афроамериканцы говорят на афроамериканском языке, многие используют в своей речи нормы стандартного американского варианта английского языка. Однако Black English, в зависимости от места проживания его носителей на территории Соединенных Штатов, может иметь варианты в произношении, а также в использовании тех или иных грамматических конструкций и лексических оборотов. Например, она говорит о том, что афроамериканцы в Луизиане и Техасе имеют похожие синтаксические конструкции, но произнесение гласных звуков может отличаться. Точно также и носители Black English в штате Пенсильвания, могут иметь лишь незначительные различия в использование грамматических конструкций, в то время как произнесение тех или иных звуков может сильно варьироваться. К примеру, она утверждает, что носители Black English в штате Луизиана, Техас и Пенсильвания могут использовать глагол ‘to be’ согласно «правилам» афроамериканского языка, но произнесение одних и тех же слов будет зависеть от места проживания говорящего [2]. Все вышеупомянутое необходимо учитывать при изучении данной проблемы, так как каждый исследователь предлагает свое видение на Black English в целом как на язык, свою интерпретацию происхождения.

Для того чтобы оценить влияние афроамериканского языка в современный английский язык, необходимо обратиться к хип-хоп культуре, которая наиболее полно воплотила культуру афроамериканцев. Она была построена на противопоставлении американской белой культуре. С 1990-х годов формировалась своя мода, танцевальные стили и музыкальные направления, жаргон и манера произношения. Это дает нам право сказать, что и язык афроамериканцев является для них показателем своей культуры.

На данном этапе было проанализировано 38 песен следующих исполнителей: Migos, 21 Savage, Cardi B, 2Pac, 6ix9ine, Kendrick Lamar, Machine Gun Kelly, Lil Skies, Kanye West, A$AP Ferg, BROCKHAMPTON, Drake, Chief Keef, Big Sean и Nas. Также мы выделили 51 лексических единиц, грамматических, фонетических и орфографических особенностей, характерных Black English.

Black English является источником заимствования многих лексических единиц в американский английский язык. Говоря о лексике, необходимо отметить, что в афроамериканском сленге широко употребляется слово ‘nigger’/‘nigga’, которое в американском английском рассматривается как оскорбительное. Тем не менее, когда афроамериканцы обращаются друг другу таким образом, они имеют в виду не что иное, как «друг», если они не состоят в конфликтных отношениях. Друга также называют словом ‘dog’/’dawg’ (‘You feel me, dawg?’). Возможно, объясняется это сходством преданности собаки и близкого друга.

Нельзя не упомянуть и тот факт, что ненормативный словарный состав языка был также пополнен по причине криминальной деятельности афроамериканцев. Для обозначения каждого из наркотиков в криминальном мире были придуманы длинные синонимические ряды, так чтобы никому не было понятно, о чем идет речь. Считается, что такая скрытность началась со времен, когда чернокожие рабы были ввезены в Америку. Тогда они искали способы держать необходимую информацию в секрете от своих хозяев, особенно когда говорили с ними на одном языке [1]. Большая часть слов связана с различными видами наркотиков и оружия, а также наркоторговцами. Сейчас эти слова активно входят в американский сленг: gangster/gangsta (‘Gangsta rap is back’), crack (‘Nigga my crack sells’), cookie (‘Smokin’ on cookie in the hotbox’), lettuce sandwich (‘Grind for that lettuce sandwich‘), hash & blunt (‘smokin' blunts with hash’), blow (‘We blowin' smoke’), weed (‘He smoking' weed and he changin'’), cake (‘I'm on the grind for this cake’), pump (‘I keep the pump in the trunk’), hustler (‘I see myself as a natural born hustler’), ice-cream man (‘They calling me ice cream man’) и т.д.

В период расцвета хип-хоп культуры также большую роль играли аббревиатуры. Наиболее известными и до сих пор часто употребляемыми являются следующие: GOAT – Greatest Of All Time (‘I'll acknowledge you're the GOAT’), OG – Original Gangsta (‘I gotta respect the OGs’), THUG LIFE – The Hate U Give Little Infants Fruits Everyone (‘I'm makin' loot and screamin' Thug Life’).

Далее важно обратить внимание и на грамматические особенности. Одной из характерных грамматических особенностей Black English является отсутствие глагола-связки. Говоря о глаголе ‘to be’ вообще, необходимо отметить, что в настоящем времени он может не использоваться совсем (‘He sweet’, ‘She too stiff on niggas’, ‘We too playa’). Также, глагол ‘to be’ может использоваться для обозначения привычного и продолжающегося, непрерывного действия без изменения своей формы (‘These niggas be lyin' about loyalty’, ‘She be actin' stiff’, ‘Niggaz be actin like they savage’). В некоторых случаях употребления полное отсутствие форм глагола может также означать непрерывность действия (‘He smokin' weed and he changin'’, ‘You runnin' 'round drinkin' liquor’, 'We blowin' smoke') [4].

Для обозначения будущего времени очень часто используется ‘finna’, который является своеобразный эквивалентом ‘to be going to do something’: ‘We finna glow up in the street’, ‘I'm finna start a new movement’, I ain't finna talk about it’). Будущее совершенное, которое в зарубежных источниках обозначается как Future Perfective, воссоздается конструкцией ‘be done’ (‘Shouldn't your mama be done paying the house off?’, ‘Moment I stop having fun with it, I'll be done with it’, ‘…before we be done for good’) [6].

Чтобы отразить завершенное действие в речи, очень часто можно встретить глагол ‘do’ в форме ‘done’ без вспомогательного глагола ‘to have’ в соответствующем лице: ‘I done sell soda’, ‘I done fell in love’, ‘Now I done grew up 'round some people livin' their life in bottles’, ‘I done did everything except worry’. Последние два примера иллюстрируют еще один вариант конструкции – ‘done’ + ‘V_3’.

Отсутствие суффикса –s у глаголов настоящего времени в третьем лице единственного числа тоже является характерной особенностью афроамериканского языка, которая постепенно переходит в речь и белых американцев (‘Mama love me so much’, ‘She want me to quit that lean’, ‘If a nigga want a beef, I’m the type to drag it’) [6].

Двойное отрицание также является характерной особенностью Black English. В современных песнях американских исполнителей нередко можно услышать следующее: ‘I ain’t got none’ but bullets for you nigga’, ‘but I ain’t never dodged no static’, ‘I don’t really want no friends’, ‘I ain’t got no time to chill’ и т.д. [7].

Говоря о фонетических особенностях, необходимо добавить, что специфика произношения сильно повлияла и на орфографию, что можно заметить в приведенных примерах. Так, например, одной из характерных особенностей является опущение ‘g’ в суффиксе ‘-ing’ (runnin', breathin', ‘We gettin' paid’, ‘I'm drippin' in jewels’ и т.д.). Также отсутствует густое американское R после гласных: например, ‘car’ будет произноситься как [ka:^{h}], ‘summer’ как ['sʌmə^h], ‘sister’ как ['sɪstʌ^h] и т.д. Еще одной характеристикой Black English является замена буквосочетания ‘th’ на ‘t’, ‘d’, ‘v’ и ‘f’: ‘throw’ может произноситься как [trəu], ‘death’ как [def], ‘the’ как [də], ‘brother’ как ['brʌvə]/['brʌdə] и т.д. [8].

В заключение можно сказать, что влияние Black English на современный американский язык действительно происходит, и полученные данные свидетельствуют не только об актуальности данной темы исследования, но и о возможности в перспективе расширить материал и более подробно проанализировать влияние функционально-семантических особенностей Black English на английский язык в начале XXI века.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минаева В.В. Феномен Black English и его лексическая составляющая / В.В. Минаева // Вестник Московского Государственного университета культуры и искусств. – 2014. – № 4. – С. 181–

184.
2. Green L.J. African American English / L.J. Green. – New York: Cambridge University Press, 2002. – 285 p.
3. Lanehart S.L. The Oxford Handbook of African American Language / S.L. Lanehart. – New York: Oxford University Press, 2015. – 903 p.
4. Плунгян В.А. Почему языки такие разные / В.А. Плунгян. – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2010. – 272 с.
5. Labov W. Language in the Inner City: Studies in the Black English Vernacular / W. Labov. – Pennsylvania: University of Pennsylvania Press, 1972. – 440 p.
6. Bergs A., Brinton L.J. The History of English: Varieties of English / A. Bergs, L.J. Brinton. – Berlin: De Gruyter Mouton, 2017. – 405 p.
7. Романова Е.Ю. Афроамериканский английский: Британское наследие или креольское образование? / Е.Ю. Романова // Вестник Московского государственного лингвистического университета. – 2018. – № 10. – С. 136–145.
8. Тумали Л.П. Фонетические особенности языка афроамериканцев / Л.П. Тумали, О.В. Дудченко // Диалог культур – Диалог о мире и во имя мира. – 2014. – № 2. – С. 195–197.

УДК 821.111-1

А. Чеснокова, В.Н. Варламова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МИФОЛОГЕМА «ПТИЦА» И АКТУАЛИЗАЦИЯ ЕЁ КОГНИТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ТЕКСТЕ (НА МАТЕРИАЛЕ РАССКАЗА ДАФНЫ ДЮ МОРЬЕ “THE BIRDS”)

В мировой мифологии, а также литературе, образ птицы является древнейшим архетипическим образом. Изучению особенностей мифологем, в частности мифологеме «птица», посвящено множество научных трудов, однако с точки зрения когнитивистики, данный вопрос остаётся открытым. В связи с этим мы полагаем, что вопрос необходимости дальнейшего изучения информационного потенциала мифологемы «птица» на материале современной англоязычной художественной литературы является *актуальным*. На основе отрывков англоязычной литературы II половины 20 века нами была проанализирована мифологема «птица», а также рассмотрены основные модели мифологических фреймов, способы их актуализации и проведено декодирование авторского замысла. Данная работа может быть полезной для более глубокого понимания мифологемы «птица» с точки зрения когнитивистики и дальнейшего изучения её информационного потенциала. *Материалом* для исследования в данной работе послужила англоязычная литература II половины 20 века, а именно произведение Дафны Дю Морье “The Birds”.

Целью работы является изучение когнитивных особенностей мифологемы «птица» и их реализации в художественном тексте. В работе использовались следующие методы: метод реферирования теоретической литературы по проблематике, метод семантического анализа для определения значений фактического материала, метод интерпретационного анализа.

Говоря о культурной памяти человека, важно отметить миф, так как ему отведено особое место. Мифы в культурной памяти позволяют сохранять определённый образ, даже при изменении его значения [1]. Опираясь на исследование А.А. Потебни, можно утверждать, что миф объединяет образ и значение предмета, явления или ситуации, откладываясь в языковом сознании человека в образе стереотипа. Отражая стереотипность, миф способен отождествлять как денотат, так и слово [2]. По мнению А.Ф. Лосева, миф также можно охарактеризовать как «обобщение» [3]. Миф и фрейм характеризуются двойственной природой в плане организации, поэтому мифологема «птица» нами рассматривается как фрейм, выражающийся через содержание мифа в виде стереотипной

ситуации. Под «мифологическим фреймом» в настоящей работе мы понимаем заранее известное значение в виде представлений в памяти человека. А.Ф. Лосев разделил миф на структуру в виде «ядра» (центрального содержания) и второстепенных элементов мифа (периферия) [3, с. 24]. Опираясь на структуру А.Ф. Лосева, можно выявить три основные модели, по которым происходит актуализация мифологического фрейма в художественных текстах: а) по центральному, вершинному признаку; б) по периферийному признаку; в) актуализация нескольких мифологических фреймов с общим или разными вершинными признаками. Авторы художественных тестов используют как готовую структура мифа, так и ядро мифа модифицируя его второстепенные элементы. По мнению И.Р. Гальперина, миф может выступать субъективным авторским пониманием явлений и отношений между ними, а также может использоваться с учётом определённой значимости для читателя, а именно с политической, экономической и других точек зрения [4].

Мифологема является лингвистической объективизацией мифа. В 1941 году в монографии «Введение в сущность мифологии» К.Г. Юнгом и К. Кереньи было введено понятие «мифологема». Мифологему можно определить, как конкретную интерпретацию универсального архетипа (структурного элемента коллективного бессознательного с точки зрения психологии, и исходной языковой формы с точки зрения лингвистики) в любой из форм человеческой деятельности [5]. Мифологема может обладать широким набором функций. Мифологемы, сливаясь в единый художественный образ, образуют символ. Именно поэтому символ «птица» обладает многослойным смыслом, благодаря слиянию нескольких мифологем. Мы придерживаемся мнения, что использование авторами мифологемы «птица» требует высшей степени осмысления данного семантического образа. Как правило, в литературе автор использует мифологему «птица» как маркер прецедентности и интертекстуальности, так как функция мифологемы заключается в осуществлении связи между глубинной сюжетно- логической структурой текстов. В данной статье мифологема рассматривается как фрейм, введённый в художественный текст в готовом виде. Мифологема служит: 1) средством акцентуации прецедентности; 2) средством создания сюжетной линии; 3) репрезентантом концептуальной информации.

Структура, извлечённая из человеческой памяти и разнородные наблюдения, объединенные в одно целое называются фреймами. По мнению многих учёных, фрейм существует в концептосфере. «По определению академика Д.С. Лихачева, и концепты, и концептосфера – ненаблюдаемые ментальные сущности, […], мыслительные картины, схемы, символы, понятия, фреймеры (фреймы)» [6 с. 5]. Таким образом, фрейм является отражением обобщённых и закреплённых в опыте человека представлений о предметах, явлениях, ситуациях. По мнению Б.М. Величковского, существование фрейма в памяти человека возможно в форме концепта (декларативного знания) и последовательности определённых действий (процедурного знания), тем самым занимая особое место в памяти человека [7]. Концепт обобщает миф. Вслед за Ю.Н. Карауловым, который ввёл в языкознание понятие «прецедентный текст», будем считать прецедентным текст, значимый для той или иной личности в познавательном и эмоциональном отношениях, имеющий сверхличностный характер, т.е. хорошо известный широкому окружению данной личности, обращение к которому происходит многократно в её дискурсе [8, с. 216].

Обратимся к произведению Дафны Дю Морье “The Birds”. В рассказе описывается ополчение птиц против человечества, после голодной и суровой зимы. И чайки, и малые птицы, и хищные птицы стали угрозой для человечества. Неожиданная агрессия птиц является феноменом, вклинившемся в обычную жизнь, нарушив порядок вещей. Рассказ переплетён с событиями Второй мировой войны в Англии, с бомбардировками Лондона. Другие Английские города подвергались бомбардировкам в течении 9 месяцев:

“Statement from the Home Office at eleven a.m. today. Reports from all over the country are coming in hourly about the vast quantity of birds flocking above towns, villages, and outlying

districts, causing obstruction and damage and even attacking individuals. […] hunger may drive these birds to attack human beings. Householders are warned to see to their windows, doors, and chimneys, and to take reasonable precautions for the safety of their children. A further statement will be issued later" [9, c. 2].

Как и в случае с войной, птицы в рассказе напали внезапно, а именно ночью. Время нападений, затем, хаотично менялось, они были частыми и неожиданными, подобно военным действиям. Птицы, подобно бомбам, бросались на людей с целью их уничтожения. Мифологема птицы рассказе выполняет вторую функцию, являясь средством создания сюжетной линии:

"Quickly he let the window fall and latched it. "Did you hear that?" he said. "They went for me. Tried to peck my eyes. "I tell you the birds were on the sill, trying to get into the room" [9, c. 5].

На примере этого рассказа особенно ярко реализуется мифологема чайки. Образ чайки знаком народам севера и юга, оттого их символ и образ присутствуют во многих мифах и сказаниях. Чайка в рассказе фигурирует наиболее свирепой и жестокой убийцей. Такое функционирование мифологемы «чайка» является крайне непривычным для широкого читателя: данная птица, как правило, в случае реализации по третьей функции мифологемы, являясь репрезентантом концептуальной информации, отражает глупость, но не жестокость. Согласно американскому писателю XX века Эрнесту Ингерсоллу, чайки действительно мифологически связаны с глупостью, что связано с созвучием слов "gulled" и "gullible" (легковерный, простофиля) с названием самой птицы – "gull". Несомненно, настоящая мифологема может нести в себе несколько значений, однако основное символическое значение мифологемы рассказ не отражает. Однако, для некоторых народов чайка связана с бедой: она предвещает шторм или ураган [10]. Что касается английского фольклора, в нём существует большое количество историй о чайках и их взаимоотношениях с людьми, и, как правило, такой союз является дружественным. Эрнест Ингерсолл приводит в пример историю о Св. Кеннете, который был брошен на произвол судьбы родителями, но взращён и воспитан черноголовыми чайками. Чайки нашли плывущего в потоке воды младенца у побережья Уэльса, свили для него гнездо, раздобыли молоко [10]. Именно эти чайки играют роль жестоких убийц человечества в рассказе Дафны Дю Морье, что расходится с английской трактовкой мифологемы «чайка»:

"As he jumped the stile he heard the whirr of wings. A black-backed gull dived down at him from the sky, missed, swerved in flight, and rose to dive again. In a moment it was joined by others, six, seven, a dozen, black-backed and herring mixed. Nat dropped his hoe. The hoe was useless. Covering his head with his arms he ran towards the cottage. They kept coming at him from the air, silent save for the beating wings. The terrible, fluttering wings. He could feel the blood on his hands, his wrists, his neck" [9, c. 19].

В мифах индейцев Северной Америки мифологема чайки и ворона плотно связаны. Согласно их мифам, чайка убила ворона, развязав войну между морем и сушей. Другая история о конфликте чайки и ворона пришла с Аляски, в ней чайка совершает нападение стаей на доверившегося ей ворона, пригласившего её на обед. Рассердившись на непорядочность чайки, ворон стал бросать чаек в огонь, и согласно легенде, черными кончики крыльев у чаек стали именно с тех пор [10].

Согласно двум взглядам на мифологему, можно сказать, что согласно её трактовке с точки зрения американских индейцев мифологема реализуется по третьей функции как репрезентант концептуальной информации (предвестник беды, инициатор войны, убийца). С точки зрения мифологии Англии (глупая, бескорыстная, добросердечная, готовая на самопожертвование) – нет.

Как средство акцентуации прецедентной информации мифологема также функционирует в тексте, так как она значима для той или иной личности в познавательном и

эмоциональном отношениях, однако наличие сверхличностного характера (т.е. известного широкому кругу людей) зависит от восприятия мифологемы: прецедентная информация мифологемы также спорна, так как народами Англии в мифологему «чайка» помещена одна информация, а народами Америки другая, пример отражает реализацию мифологемы как средства прецедентной информации, заложенной коренными народами Америки: “He felt the thud of bodies, heard the fluttering of wings, but they were not yet defeated, for again and again they returned to the assault, jabbing his hands, his head, the little stabbing beaks sharp as a pointed fork. The blanket became a weapon of defense; he wound it about his head, and then in greater darkness beat at the birds with his bare hands. He dared not stumble to the door and open it, lest in doing so the birds should follow him” [9, с. 15].

“It's good, isn't it," said his wife, "to hear the planes?" And Jill, catching her enthusiasm, jumped up and down with Johnny. "The planes will get the birds. The planes will shoot them” [9, с. 21]. Мы считаем, что английская писательница использует данную прецедентную информацию, чтобы продемонстрировать амбивалентность мифологемы и погрузить читателя в атмосферу, когда мир близок к апокалипсису (к войне), так как тот, кто нёс добро или нейтралитет, стал опасен, привычный ход вещей перевернулся.

Таким образом, информационное поле мифологемы способно реализоваться на уровне целого рассказа, делая «прецедентный текст» мифа и сам рассказ тождественными. Благодаря тому, что информационное поле мифа встраивается в информационное пространство рассказа, автор глубже проникает и раскрывает своего персонажа. Реализация мифологемы «чайка» в настоящем рассказе является спорной, однако чётко демонстрируется реализация архетипа птицы как посланника богов и вестника смерти в целом, в качестве войны природы против человечества, мучений, страха перед смертью, разрушения и боли. Мифологема выступает как средство акцентуации прецедентной информации и как способ раскрытия концептуальной информации, т.е. читатель проникает в глубинные содержательные структуры художественного произведения и понимает замыслы автора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потебня А.А. Слово и миф. – М.: Правда, 1989. – 62 с.
2. Лотман Ю.М. Избранные статьи в трех томах. – Т. I. Статьи по семиотике и топологии культуры. – Таллин: Александра, 1992.
3. Лосев А.Ф. Миология греков и римлян / Сост. А.А. Тахо-Годи; общ. ред. А.А. Тахо-Годи и И.И. Миханькова. – М.: Мысль, 1996. – 975 с.
4. Гальперин И.Р. Информативность единиц языка / Учеб. пособие для вузов. – М.: ВШ, 1974. – 173 с.
5. Юнг К.Г. Душа и миф: шесть архетипов. Пер. с англ. – К.: «Государственная библиотека Украины для юношества», 1996. – 226 с.
6. Тентимишова А.К. Концепт и концептосфера в исследованиях ученых-лингвистов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 17. – С. 226–230. – URL: http://e-koncept.ru/2016/46223.htm. (Дата обращения 14.08.19).
7. Величковский Б.М. Современная когнитивная психология. – М.: Изд-во МГУ, 1982 – 336 с.
8. Караулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность. – М.: Изд-во Наука, 1987. – 363 с.
9. https://bookfrom.net/daphne-du-maurier/page,2,31816the_birds_and_other_stories.html (просмотрено: 25.11.19).
10. Бабенко В.Г. Птицы в мифах и легендах. / В.Г. Бабенко, В.Н. Алексеев. – М.: Дрофа Плюс, 2005. – 247 с.

УДК 330.341:62

Е.В. Ильина, А.А. Нечай
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОСМИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОНОМИКА КНР В XXI ВЕКЕ

С запуском первого в мире советского искусственного спутника Земли в 1957 году, человечество вступило в космическую эру. Данное событие, произошедшее в СССР, вызвало значительный резонанс в мире, оказав непосредственное влияние на начало реализации космической программы Китайской Народной Республики.

На сегодняшний день Китайская Народная Республика показала невероятный экономический и технологический прогресс. Актуальность работы подтверждается тем, что космические технологии являются наукоемкими, а степень их развития стала одним из основных критериев оценивания военной мощи, науки и, что немаловажно, экономики современного государства.

Цель работы: рассмотреть влияние космической программы на формирование и укрепление промышленной экономики КНР в XXI веке.

Методология: во время написания данного исследования авторами были проанализированы различные интернет-ресурсы, официальные сайты научных представительств КНР, монографии и статистические сайты.

В 1952 году представители Военного совета ЦК КПК под руководством Чжоу Эньлая обсудили пятилетний план оборонного строительства, а также рассмотрели необходимость развития особого оружия, которое позволило бы Китаю вступить в «атомную и ракетную эру». Таким образом, космическая программа Китайской Народной Республики была начата в 1956 году, ее основателем стал Цянь Сюэсянь (китайский ученый и один из создателей межконтинентальной баллистической ракеты в КНР) [1, с. 10]. Основными причинами появления данной программы, достаточно наукоемкой и требующей особой специализированной подготовки, стала международная нестабильность, разделение мира на два противоборствующих блока и гонка вооружений. После окончания конфликта на Корейском полуострове, ЦК КПК, преследуя интересы безопасности собственной страны, стремилось развить такие передовые технологии, как атомное оружие и ракетную технику.

Несмотря на то, что в рамках программы первый успешный запуск искусственного спутника Земли произошел только в 1970 году, уже с 1955 года и на протяжении последующих десяти лет мы можем наблюдать особую заинтересованность правящей партии в отношении аэрокосмической науки: создание Академии наук КНР, которая продолжает свою деятельность вплоть до настоящего времени [2]; открытие в 1956 году первого в КНР центра запуска ракетных спутников *Цзюцюань* [3]; построение военного полигона *Дунфэн* во Внутренней Монголии, и т.д. Особый акцент делается на образовательный процесс, способствующий формированию сильной научной подготовительной базы, а также создаются научно-технические и исследовательские структуры [4].

Стоит отметить, что на тот момент предоставлялось минимальное государственное финансирование. Экономическое состояние страны было очень шатким: недавняя инфляция 1949-го года, война в Корее и эмбарго со стороны США – все это значительно замедляло процесс освоения космических технологий. Учитывая все эти факторы, правительство КНР предприняло попытки сосредоточить ограниченные материальные и финансовые ресурсы на наиболее важных и неотложных аспектах, таких как: разработка ракет и атомной энергии. В целях реализации плана развития китайской ракетно-реактивной техники, в апреле 1956 года был создан Комитет авиационной промышленности, директором которого был назначен Не

Жунчжэнь, известный китайский военный деятель, в дальнейшем возглавлявший ядерную программу КНР.

Тем не менее, несмотря на экономическую нестабильность в стране, а также дальнейшие трудности в плане финансирования и разработки новых технологий, способных продвинуть китайскую программу на новый уровень, к началу XXI века КНР удалось стать третьей аэрокосмической державой.

Аэрокосмическая промышленность КНР стала одной из приоритетных задач, обеспечивающих стабильное экономическое развитие. Основные промышленные базы располагаются в провинции Шэньси, городах Шанхай, Тяньцзинь и Вэньчане. В период с 2006 года по 2018 года было произведено порядка 215 космических запусков, а в 2018 году – 39, что уже превышает запуски 2017 года [5].

Несмотря на то, что мировая экономика в XXI веке постепенно отходит от эпохи индустриализации, отдавая свое предпочтение информационным технологиям, развитие ракетно-космического промышленного сектора является неотъемлемым фактором не только экономической стабильности страны, но и фактором, влияющим на повышение международного авторитета. Основной причиной является то, что уровень развития аэрокосмических технологий, в первую очередь, является отражением экономического, научного и технологического потенциала страны. Здесь же прослеживается взаимосвязь макроэкономики, финансирования и инвестиций с развитием данной промышленности [6].

К 2020 году, согласно долгосрочной программе руководства страны, Китайская Народная Республика станет государством нового, инновационного типа, в центре которого – космическая промышленность, являющаяся неотъемлемой частью перспективного развития. В связи с этим, планируется выделение порядка 2,5% от ВВП на развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Таким образом, развитие космической промышленности становится основным фактором, влияющем на развитие экономического положения страны: ожидается, что экономический рост составит не менее 60% благодаря инновационным изобретениям и науке [7].

В декабре 2018 года официальный сайт аналитического центра CCID Thinktank[1] опубликовал отчет «Перспективы развития промышленности в Китае на 2019 год». Несмотря на то, что данный отчет скорее затрагивает всё промышленное производство страны, в нем даются прогнозы экономического роста, роста промышленной экономики, которая является неотъемлемой частью ракетно-космической промышленности государства. В данном отчете выделяется особая необходимость изучения основных вопросов, которые могут повлиять на замедление качественного развития промышленной экономики страны: во-первых, это недостаточный потенциал ключевых технологий; во-вторых, замедление поставок и снижение экспорта; в-третьих, недостаточное развитие промышленных предприятий. Опираясь на данные вопросы, Китайская Республика стремится поддерживать умеренное развитие промышленных предприятий, которые, в свою очередь, будут поддерживать устойчивый экономический рост страны [8]. В основе устойчивости промышленной экономики – стремление к инновациям и уменьшение зависимости от зарубежных поставок (переход на собственное производство), промышленная безопасность, развитие окружающей среды и привлечение частного сектора.

В эпоху XXI века космическая промышленность КНР продолжает беспрерывное и стабильное развитие, делая основной упор на программы, нацеленные на научное исследование космического пространства и Земного шара. Так, только в сентябре 2019 года было запущено несколько спутников: *Юньхай-1*, цель которого – исследование атмосферной и морской среды [9], и три спутника для наблюдения за Арктикой и Антарктидой – *Цзинши*.

[1] Официально принадлежит Министерству промышленности и информатизации КНР, располагает онлайн-библиотекой и многочисленными исследованиями, посвященными промышленной политике, науке, технологиям и промышленной экономике.

Запуски спутников были успешными, что уже говорит о правильности выбранного пути – стабильное развитие, уклон на инновации.

Гао Хунвэй, председатель правления аэрокосмической корпорации CASIC, отметил, что в этом году, несмотря на сложившуюся напряженную экономическую обстановку в мире, экономическое положение центральных предприятий КНР неуклонно прогрессирует. В 2018 году добавленная стоимость промышленных предприятий увеличилась на 6.4% в годовом исчислении, где особый рост был отмечен в области высокотехнологичного производства и производства оборудования – 11.9% [8].

Увеличение производственной деятельности, а также сотрудничество с ведущими партнерами в области аэрокосмической науки способствует увеличению темпа роста инвестиций. С целью увеличения доли финансирования в космический промышленный сектор, две наиболее значимые оборонно-промышленные корпорации CASC (China Aerospace Science and Technology Corporation) и CASIC (The China Aerospace Science & Industry Corporation Limited) предприняли решение о привлечении не только китайских инвесторов, но и зарубежных [10]. Данное решение позволит зарубежным инвесторам выйти на китайский фондовый рынок через дочерние компании. Особая роль в развитии аэрокосмической промышленности уделяется гражданскому сектору, что позволило стимулировать технический прогресс.

В период с января по октябрь 2018 года инвестиции в промышленность и в обрабатывающую промышленность увеличились на 6% и 9,1% в годовом исчислении. Инвестиции необходимы для полноценного развития рыночной экономики любой страны. В первую очередь, они способствуют модернизации промышленности, к чему так стремится научное сообщество Китая. Крупные капиталовложения непосредственно влияют на выполнение основных направлений космической программы 13-й пятилетки КНР (2016–2020): пилотируемые полеты; разработка космической станции; исследование Марса и освоение ресурсов Луны; разработка спутниковой и навигационной систем [11].

Выводы. Космическая промышленность становится приоритетной для большинства стран, а ее развитие влияет на формирование промышленной экономики. Несмотря на то, что ракетно-космическая промышленность КНР все еще отстает от таких стран, как США и Россия, идея самой программы отличается от других стран стремлением к инновационным проектам и особой сплоченностью граждан страны. Вопрос успеха научной сферы Китая и его влияние на производительность экономики еще недостаточно изучен в нашей стране. Данный процесс состоит из множества внешних и внутренних факторов, тем не менее, промышленный сектор, финансируемый государственным бюджетом страны и инвестиционными программами, будет продолжать свое инновационное развитие, укрепляя тем самым экономику КНР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие китайских космических технологий, Ли Чжэнчжи. Изд-во: Нестор-История, СПб., 2013. – 236 с.

2. История и основная информация о деятельности Академии наук КНР // Официальный сайт 国科学院 (Академия наук КНР), доступно в сети Интернет: http://www.casad.cas.cn/doc/14972.html (Дата обращения 28.09.2019).

3. Первый центр запуска ракетных спутников: историческое воплощение космической промышленности КНР // Официальный сайт 新华社 (Информационное агентство «Синьхуа»), доступно в сети Интернет: http://www.xinhuanet.com//2017-07/30/c_1121403714.htm (Дата обращения 29.09.2019).

4. Передовые технологии защиты – 50 лет ракетной деятельности // Официальный сайт 国家统计局 (Национальное бюро статистики КНР), доступно в сети Интернет: http://www.stats.gov.cn/tjzs/tjsj/tjcb/zggqgl/200611/t20061101_37539.html (дата обращения: 30.09.2019).

5. Доклад о перспективе развития космической промышленности // Доступно в сети Интернет: https://bg.qianzhan.com/report/detail/00924e06dcaf4b73.html (Дата обращения 01.10.2019).
6. Совещание институциональных инвесторов в Шанхае // Официальный сайт Aviation industry corp. of China, доступно в сети Интернет: http://www.avic.com/cn/xwzx/ssqydt/678506.shtml (Дата обращения 01.10.2019).
7. National Basic Research Program of China (973 Program) // Minestry of Science and Technologies of China. URL: http://most.gov.cn/eng/programmes1/200610/t20061009_36223.htm (дата обращения: 03.10.2019).
8. Перспективы индустриально-экономического развития Китая в 2019 году // Новостной портал Sohu.news, доступно в сети Интернет: http://www.sohu.com/a/284083180_468720 (Дата обращения 30.09.2019).
9. Запуск спутника «Юньхай-1», статья // Официальный сайт «Жэньминь жибао» (рус. версия), доступно в сети Интернет: http://russian.people.com.cn/n3/2016/1114/c31517-9140994.html (Дата обращения 30.09.2019).
10.A New Direction for China's Defense Industry, Evan S. Medeiros // RAND Corporation, 2005. – P. 67–69. – URL: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2005/RAND_MG334.pdf (Дата обращения: 02.10.2019).
11.Prospect for Chinese Space Science, Wu Ji // Chinese Academy of Science. URL: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-KYYX201506001.htm (Дата обращения 02.10.2019).

УДК 325.1

Е.А. Иванова
Санкт-Петербургский государственный университет

ЕВРОПЕЙСКИЙ МИГРАЦИОННЫЙ КРИЗИС И ПРОБЛЕМА ТЕРРОРИЗМА ВО ФРАНЦИИ

Современные процессы глобализации затрагивают все сферы жизни общества и имеют множество последствий: от более чем положительных до крайне негативных. На фоне этих процессов глобализируется и преступный мир, и апогеем этой тенденции, несомненно, стало возникновение международного терроризма. Существует мнение, что увеличение числа террористических актов в Европейском союзе связано с миграционным кризисом 2015 года, в результате которого тысячи беженцев прибыли на территории европейских государств. Данный вопрос малоизучен, так как эта тема крайне неохотно затрагивается европейским руководством. Либеральные устои, приверженность соблюдению прав человека, политкорректность и толерантность во всех сферах жизни общества не позволяет ему говорить о миграции как о возможной причине терроризма. Однако изучение данной проблемы является важнейшим условием искоренения террористической активности в Европе.

Целью работы является определение степени взаимосвязанности текущих миграционных процессов и стремительного увеличения числа террористических атак во Французской республике.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

– изучить информацию о лицах, задействованных в разработку и проведение террористических атак в стране;

– изучить мнения французских политиков, правозащитников и французского общества относительно связи миграционных проблем и террористической активности;

– определить пути освещения темы миграции во французских СМИ на предмет вероятности формирования предвзятого отношения к мигрантам в обществе.

Для изучения степени взаимосвязанности миграции и террористической активности, с целью подтверждения или опровержения существования зависимости двух феноменов, был применен ряд *научных методов.*

Прежде всего, необходимо предоставить данные о совершенных террористических актах и об их характере. Использование одного из эмпирических методов, а именно сбора статистических данных позволило указать точные цифры об атаках разных лет, а также о жертвах и пострадавших, что помогло проанализировать изменения в сфере общественной безопасности Франции с течением времени.

Кроме того, в данной работе широко использовался историко-социологического метод, с помощью которого были изучены сущность и специфика международного терроризма (цели террористов, основные причины совершения атак). Этот метод позволил выявить вероятность вербовки террористами беженцев, как одной из самых незащищенных групп общества.

Важной частью работы является освещение мнений политических лидеров, международных организаций, а также простых граждан. Все эти вербальные источники (официальные и неофициальные заявления, интервью) помогают посмотреть на данную тему с другой стороны, узнать, что об этом думают лидеры других стран и простые люди, не имеющие доступа к высшим политическим силам. Для изучения данной области был использован метод интент-анализа, дающий возможность реконструкции намерений и направленности говорящего, что позволяет определить скрытый смысл и подтекст высказываний.

Исследование данной темы показало, что распространения терроризма во Франции не является следствием «кризиса беженцев» 2015–2016 годов. Эта проблема имеет гораздо более глубокие причины. Лица, задействованные в организации и проведении крупнейших терактов, являлись гражданами Франции, но «мигрантами второго (третьего) поколения», то есть их родители, бабушки и дедушки когда-то иммигрировали в страну [1, с. 3]. Таким образом, в некоторых случаях исламистский экстремизм возникает в странах Запада, а не просто «импортируется» туда из стран Ближнего Востока. Начало формирования данного феномена было во многом связано с американским вторжением в Ирак в 2003 году [2]. Формирование сетей антиамериканского джихада происходило не только в Ираке, но и в других странах, откуда боевики посылались на подготовку. Франция не стала исключением. Более того, на тот момент в стране действовало движение «Сети Девятнадцатого округа», именуемое так в силу того, что большинство его членов происходили из Девятнадцатого округа Парижа. Ключевой фигурой движения являлся Бубакр ибн Хабиб Абдель Хаким, француз тунисского происхождения, который неоднократно угрожал Франции от имени «Исламского государства»[1]. Будучи важной фигурой подразделения внешних операций ИГ, он не принимал участие, но был в числе организаторов атак на Charlie Hebdo, террористических актов 13 ноября 2015 года и 14 июля 2016 года [3]. Кроме того, братья Куаши, совершившие нападение на редакцию Charlie Hebdo, также являлись гражданами Франции, а их родители были алжирскими иммигрантами [1, с. 5]. Иностранные участники боевых действий в Сирии и Ираке получают идеологическую подпитку и формируют новые связи. Возвращаясь в свои страны (имея европейские паспорта), потенциально становятся носителями серьезнейшей угрозы для безопасности Европы, Америки и других регионов. В частности, в марте 2015 года премьер-министр Франции М. Вальс заявил, что в Ираке и Сирии воюет около 3 тыс. европейцев, но к концу года эта цифра может, по его словам, вырасти втрое [4, с. 32].

В руководстве Франции существует и противоположное мнение на данную проблему. По мнению Ивана Бло, бывшего генерального инспектора Министерства внутренних дел

[1] Исламское государство (ИГ) – организация, запрещенная в России

Франции, отвечавшего за антитеррористическую деятельность, проблема распространения терроризма имеет прямое отношение к потоку беженцев. «Нельзя разделять проблемы неконтролируемой миграции и терроризма. В странах, где не принимают мигрантов, – в Польше или в Венгрии – до сегодняшнего дня не было террористических атак» [5]. Господин Бло подчеркивает, что террористы очень хорошо ощущают себя в иммигрантской мусульманской среде. «Конечно, не все мусульмане поддерживают террористов, но опросы общественного мнения показывают, что 30 процентов людей из мусульманских общин с пониманием относятся к террористам или даже одобряют их деятельность. Это полтора миллиона человек!» [5]. Говоря о кризисе, вспыхнувшем как следствие политики «открытых дверей», политик сравнивает данную ситуацию с троянским конем, которого запустила к себе Франция. «Страна пустила на самотек проблему миграции, не интегрируя приезжих политически, не воспитывая в них любовь к новой родине. И правые, и левые политики теперь платят за эту политическую ошибку. Президент Франции слишком пренебрежительно относится к этой внутренней проблеме, имеющей огромное значение» [5].

Еще один вывод касается отношения французского общества к мигрантам. Несмотря на отсутствие прямой связи миграционных потоков с террористическими атаками, в результате проведения Европейскими странами «политики открытых дверей» большинство французских граждан жестко настроены против мигрантов, будучи уверенными, что под видом беженцев в страну проникают террористы [6]. На фоне постоянной террористической угрозы, в европейском обществе формируются предубеждения, исламофобия и антисемитизм. Проблемы с мигрантами и угроза терроризма сегодня вызывают больший страх среди французов, чем вопросы безработицы и ухудшения экономического положения [3]. Издание Le Figaro опубликовало результаты социологического опроса, который показал, что 53% жителей Франции жестко настроены против мигрантов, будучи уверенными, что под видом беженцев в страну проникают террористы [6]. Французы требуют закрыть для них границы.

Мигранты стали прицельной мишенью не только для простых граждан, но и для органов правопорядка, наделенных большими полномочиями. Этот факт легкообъясним- в связи с участившимися террористическими актами, а также введенным режимом чрезвычайного положения, полицейские службы Франции стали работать в усиленном режиме. Сотрудники правоохранительных ведомств находятся под большим давлением после крупнейшей во Франции серии террористических атак 2015 года. Наибольший страх они испытывают перед исламистами-одиночками, с которыми они могли сталкиваться прежде в связи с мелкими правонарушениями.

В попытках обезопасить свои страны от террористической угрозы, разрешить тяжелую ситуацию и остановить нескончаемый миграционный поток, страны Европейского союза начали ужесточать законодательство и практики в отношении мигрантов, с целью достижения эффективности в политике ЕС по возвращении мигрантов на родину. Данные изменения вызвали множество споров и протестов. Правозащитная организация Amnesty International опубликовала доклад «Жертвы европейской крепости: Нарушение прав человека в отношении мигрантов и беженцев на границах Европы», где критикуются методы пограничного контроля ЕС. Отмечается, что миграционная политика Брюсселя подвергает риску жизни беженцев, так как вследствие пограничного контроля им приходится выбирать более опасные маршруты. «Эффективность мер, принимаемых ЕС для того, чтобы остановить поток нелегальных мигрантов и беженцев, представляется, в лучшем случае, спорной. В то же время цена, которую платят самые беззащитные в мире люди своими жизнями и страданиями, непомерна», – заявил Джон Дальхизен, директор программ Amnesty International в Европе и Центральной Азии [7].

Данный факт негативно влияет на уровень стабильности в стране, ведь мусульманское сообщество Франции неуклонно растет. Согласно данным исследования, проведенного

американским Pew Research Center, их количество к 2050 году возрастет минимум на 12,7% и составит более 8,5 млн человек [8]. В 2016 году число мусульман во Франции оценивалось в 5,7 млн человек (8,8% населения). При «нулевой иммиграции» их количество через восемь лет увеличится до 8,6 млн человек, во втором случае исследователи прогнозируют рост на 17,4% до 12,6 млн человек, в третьем – на 18% до 13,2 млн [8].

В результате, мусульманское сообщество во Франции, а это, прежде всего, молодые люди, рождённые в Республике и получившие там образование, сталкиваются с дискриминацией при приеме на работу. Таким образом, они лишены достойных перспектив. В 2003 году правительство даже предпринимало попытку создания Французского совета ислама, однако, ввиду соперничества мусульманских лидеров Франции, совет не смог эффективно выполнять возложенные на него задачи [3 с. 88–100]. Кроме того, значительная часть французов продолжает воспринимать мусульман как чужеродное для Франции общество. Вследствие этого проблемы мусульманского сообщества как в религиозной, так и в экономической сферах остаются нерешёнными. Джихадисты умело используют данные проблемы, вербуя молодых людей и внушая им желание примкнуть к террористическим организациям.

Несмотря на распространенную убежденность в том, что проблема миграции и терроризма – две стороны одной медали, агентство Европейского союза по основным правам опубликовало доклад, результаты которого опровергают данное мнение. Доклад показал, что большинство мусульманских мигрантов в Европейском союзе чувствует неразрывную связь с европейским сообществом, верит в его демократические институты и считает Европу новым домом, несмотря на присутствие дискриминации по расовому признаку. Более того, в большинстве случаев террористы, совершающие атаки, оказываются гражданами Франции или других европейских стран, а не мигрантами, прибывающими в страну. Пропаганда идеологии радикального ислама и вербовка через различные каналы – вот что формирует приверженность европейских граждан этому течению. Согласно опросу 2014 года, около 16% французов поддержали «Исламское государство», почти столько же, сколько и тогдашнего президента Франсуа Олланда (18%). Значительная часть сторонников оказалась мусульманами. Более того, среди молодёжи в возрасте 18–24 лет, этот показатель составил 27%. Таким образом, более четверти молодых французов поддерживают «Исламское государство» [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Alex P. Schmid. «Links between Terrorism and Migration: An Exploration» / ICCT Research Paper. May 2016.

2. Jean-Pierre Filiu. «The French "Iraqi Networks" of the 2000s: Matrix of the 2015 Terrorist Attacks?» / Perspectives on terrorism. Volume 10, Issue 6. – December 2016.

3. Тищенко К.О. «Франция и миграционный кризис ЕС» // Манускрипт. 2017. № 5 (79). URL: cyberleninka.ru/article/n/frantsiya-i-migratsionnyy-krizis-es (дата обращения: 15.10.2019).

4. Carter J.A., Maher Sh., Neumann P.R. «Greenbirds: Measuring Importance and Influence in Syrian Foreign Fighter Networks» / The International Centre for the Study of Radicalization and Political Violence, London, 2014.

5. Интервью с Иваном Бло. «Нельзя разделять проблемы миграции и терроризма». 2016 / Lenta.ru / URL:lenta.ru/articles/2016/07/29/blotinterview/.

6. Eugénie Bastié. «Une majorité de Français hostile à l'accueil des migrants». 03.09.2015 / Le Figaro / URL:www.lefigaro.fr/actualite-france/2015/09/03/01016-20150903ARTFIG00042-une-majorite-de-francais-hostile-a-l-accueil-des-migrants.php.

7. «Миграционная политика ЕС ставит под угрозу жизни и права людей» // Официальный сайт Amnesty International // URL: amnesty.org.ru/node/2982.

8. Europe’s Growing Muslim Population. 29.11.2017 // Pew Research Center. URL: www.pewforum.org/2017/11/29/europes-growing-muslim-population/.

9. Yves Mamou. «France's Muslim Demographic Future». 20.02.2017 / Gatestone Institute // URL: www.gatestoneinstitute.org/9964/france-muslim-future.

УДК 346.9

О.А. Семернина, В.В. Козловская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ХОЗЯЙСТВЕННО-ИМУЩЕСТВЕННЫЕ ПРАВА СААМОВ В ШВЕЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Общеэкономическое пространство, отсутствие границ предполагает интенсивную интеграцию культур, поэтому у многих народов и мононациональных государств (Швеция, Финляндия) есть опасения по поводу утраты или потери национальной идентичности. В связи с этим остро стоит вопрос внутри государств о положении национальных меньшинств и об определении, и закреплении их положения внутри государства на законодательном уровне поддержкой национальной идентичности.

Саамы – малочисленный коренной народ, проживающий на территории четырех стран: Швеции, Финляндии, Норвегии и России. Под коренным малочисленным народом следует понимать «особые группы населения, проживающие на территориях традиционного расселения их предков, сохраняющие традиционные образ жизни, хозяйствование и промыслы» [1, s. 22].

Как коренной народ, саамы заявляют о своих правах на самоопределение, использование саамского языка и культурную автономию. Долгие годы нерешенным остается вопрос землепользования и имущественных прав на исконно саамские территории.

*Цель работы***:** определить спектр хозяйственно-имущественных прав саамов в Швеции и выявить проблемы механизмов их реализации.

Актуальность работы обусловлена повышенным интересом к решению вопросов, касающихся прав малых коренных народов и сохранения их национальной идентичности.

В данной работе использовались такие *методы*, как анализ, описание, метод сравнительного анализа использовался при рассмотрении законодательных актов Швеции. Event-анализ позволил определить и охарактеризовать основные события и их значение.

На территории Швеции проживают по приблизительным подсчетам от 17 до 20 тысяч саамов. Основная территория расселения − это северная часть страны, лены Норрботтен и Вестерботтен (*швед. Norrbotten* и *Västerbotten)*.

Одним из важных вопросов остается возможность занятия традиционными видами хозяйства, такими как оленеводство, охота и рыболовство, а также распоряжение земельными и другими природными ресурсами на исконно саамских территориях. На протяжении долгого времени саамы Швеции занимались оленеводством, данный вид хозяйства является одним из основных элементов формирования национальной идентичности.

Оленьи пастбища занимают примерно 160 тысяч км^2, что составляет около 34% от всей территории страны. Занятие оленеводством регулируется законом «Об оленеводстве» [2]. В соответствии с ним, каждый саам имеет право заниматься данным видом деятельности круглогодично на оленеводческих территориях, таких как лены Норрботтен и Вестерботтен; горные территории, расположенные в лене Йемтланд (*швед. Jämtland)*; также на территориях лена Даларна (*швед. Dalarna)* [2, § 3]. Данное право реализуется только тогда, когда саам является членом саамской деревни. Это и территориальная форма деления, и экономическая единица, целью которой является эффективное занятие оленеводством, а также содержание хозяйственно-имущественных объектов для занятий оленеводством [2, § 9]. Члены саамской

деревни не имеют права заниматься какой-либо другой и/или предпринимательской деятельностью, кроме оленеводства. На данный момент в Швеции существует 51 саамская деревня саамов, каждая из которых обладает собственной территорией и пастбищами [3]. Пастбища подразделяются на круглогодичные и зимние. На зимних пастбищах, согласно закону «Об оленеводстве», олени могут пастись в период с 1 октября по 30 апреля [2, § 3].

Что касается других традиционных занятий, то это право также тесно связано с членством в саамской деревне [2, § 25], т.е. её члены имеют право заниматься охотой и рыболовством на территории своей деревни, а также в пастбищной зоне другой саамской деревни, если он находится там по причинам, связанным с оленеводством [2, § 25]. Право саамов охотиться и ловить рыбу существует наравне с правом собственника или землевладельца [4, § 10]. Важно отметить, что эти права могут быть ограничены определенными географическими областями и временными рамками, когда происходит выпас оленей [2, § 25]. Кроме того, саамская деревня или её члены не могут передавать право на охоту и рыболовство другим лицам [2, § 31]. Право охотиться и ловить рыбу на территориях, которые находятся в непосредственном распоряжении государства, может быть предоставлено только в том случае, если это не повлечет за собой неудобства для оленеводческой деятельности и нарушения прав саамов на занятия традиционными видами хозяйства. Однако, по мнению профессора и юриста Б. Бенгтссона, некоторые зимние пастбища не защищены законодательно в случаях предоставления прав на охоту и рыболовство другим лицам [5, s. 65].

Саамское население также недовольно положениями указа «Об оленеводстве» [6], потому что в нем не отражены полностью интересы саамского народа. Так, право на охоту на мелкую дичь и рыбную ловлю с определенными видами снаряжения предоставляется государством в том случае, если это не несет вреда занятию оленеводством, не нарушает право саамов охотиться и ловить рыбу, а также не оказывает негативное влияние на окружающую среду [6, § 3]. Получается, что заинтересованные в этом лица априори имеют право на охоту и рыбную ловлю, а не возможность получить данное право. Кроме того, критике подвергается и положения закона «Об охоте», согласно которым собственник земли имеет право на охоту в рамках собственной территории и может предоставить право на охоту другим лицам, чего саамы сделать не могут – об этом говорилось ранее. Следовательно, собственник владеет правами на охоту и активно использует их. Саамы же используют территории саамских деревень и оленьих пастбищ для охоты, но не имеют прав собственности на них. Аналогичные механизмы правового регулирования используются в рыболовстве [7].

Важный аспект в занятии традиционными формами хозяйства связан с имущественными правами на земли, водоемы и другие природные ресурсы. Шведские саамы хотели бы иметь автономию, чтобы самостоятельно определять и управлять землями своей исконно саамской территории.

Организация Объединенных Наций приняла Декларацию о правах коренных народов [8], в которой признается «право на земли, территории и ресурсы, которыми они традиционно владели, которые они традиционно занимали или иным образом использовали или приобретали; право иметь в собственности, использовать, осваивать или контролировать земли, территории и ресурсы, которыми они обладают в силу традиционного владения или другого традиционного занятия или использования, а также те, которые они приобрели иным образом» [8, ст. 26]. Национальное государство обязуется же обеспечить эффективные механизмы правовой защиты «таких земель, территорий и ресурсов». Их признание также должно осуществляться «с уважением к обычаям, традициям и системам землевладения соответствующих коренных народов». К сожалению, остается не ратифицированной Конвенция № 169 Международной организации труда, которая закрепляет за коренными народами имущественные права на землю, воду и другие природные ресурсы.

В соответствии с Конвенцией о коренных народах и народах, ведущих племенной образ жизни в независимых странах, государства должны учитывать «особую важность для культуры и духовных ценностей соответствующих народов их связи с землями или территориями – или с тем и другим, в зависимости от обстоятельств, – которые они занимают или используют иным образом, и в особенности важность коллективных аспектов этой связи» [9, ст. 13]. Кроме того, Конвенция предусматривает, что правительство признает право собственности и владения коренных народов на земли, которые они традиционно занимают [9, ст. 13]. Для осуществления данного право при разработке Конвенции предлагались различные варианты такие, как включения прав собственности и владения в конституцию страны, принятие различных программ землевладения, а также проведение реституции. Конвенция № 169 регламентирует порядок решения земельных конфликтов у коренных народов в рамках национальной правовой системы. Данные механизмы регулирования могут дать коренным народам реальную возможность получить право на свои исконные земли, с которых они были переселены или которые были конфискованы [9, ст. 14].

При ратификации Конвенции МОТ № 169 Швеции потребуется внести изменения в законодательство, касающееся прав на занятие традиционным видом хозяйства – оленеводством, в целях укрепления экономических прав саамов-оленеводов. Но наиболее значительными изменениями будет признание и закрепление за саамами исключительных прав на землю и природные ресурсы. Здесь важно отметить, что необходим баланс и постоянные консультации с представителями саамского народа, чтобы обеспечить исполнение правовых положений Конвенции.

Прецедентным случаем, касающимся хозяйственно-имущественных прав, стало исковое дело саамской деревни Гирьяс (*саам. Girjas)* против шведского государства. В 2009 году саамская деревня Гирьяс подала в суд на государство с исковыми требованиями, во-первых, обеспечить саамской деревне право на занятие охотой на мелкую дичь и рыбалку на территориях деревни; а, во-вторых, обязать государство предоставлять права на охоту и рыбалку на этих территориях другим лицам только при совместном решении с саамской деревней. Основанием для исковых требований послужило долговременное использование данных территорий, что позволяет проживающим там саамам обладать исключительными имущественными правами. Кроме того, саамская деревня в своих требованиях опиралась на закон «Об оленеводстве» (*швед. Rennäringslag)*, где признается первоначальное право саамов на охоту и рыбалку в этих районах. Саамская сторона также апеллировала к тому факту, что саамы являются коренными представителями оленеводства, которым занимаются на протяжении долгого времени. Государство не согласно с такими претензиями и в противовес заявляло, что данная территория является государственной собственностью, соответственно по праву собственности государство имеет право заниматься охотой и рыболовством на данных территориях и передавать данное право [4, § 10]. Вдобавок, представители власти утверждали, что саамское население обладает правом на оленеводство в зонах, предназначенных для этого, и что право на оленеводство включает в себя право охотиться и ловить рыбу для удовлетворения своих потребностей [2, § 25]. Первые заседания по этому делу проходили в районном суде Йелливаре (*швед. Gällivare),* который в итоге вынес решение, что саамская деревня обладает преобладающим правом на охоту и рыболовство и может без согласия государства предоставлять другим лицам разрешения на охоту и рыбалку на территории саамской деревни; государство не имеет права осуществлять там охотничью и рыболовную деятельность [10]. Шведское государство выразило недовольство данным решением и обжаловало его в Апелляционном суде Верхнего Норрланда *(швед. Övre Norrland).*

23 января 2018 года Апелляционный суд Верхнего Норрланда подтвердил преобладающее право саамов на охоту и рыболовство, но в то же время отметил, что это не

является исключительным правом. Суд также отменил решение районного суда Йелливаре о том, что саамская деревня без согласия государства может предоставлять права на занятие охотой и рыболовством [10]. Как отмечает председатель Апелляционного суда М. Бергстрём, дело было громким и включало в себя ряд сложным вопросов для разбора и оценки.

В настоящее время данное дело пересматривается в Верховном суде Швеции. Слушания по делу начались в сентябре 2019 года и продолжались на протяжении шести недель. В скором времени Верховный суд должен вынести решение. Официальные представители саамской деревни Гирьяс также не исключают возможности подачи иска в Европейский суд. Стоит отметить, что за десятилетний судебный процесс общая сумма расходов составила рекордные 30 миллионов крон, которые впоследствии должны будут выплачены проигравшей стороной.

Как отмечают эксперты, вынесенное решение может оказать правовое давление на то, что Швеция должна ратифицировать Конвенцию МОТ № 169, что в дальнейшем вызовет положительные изменения в местном законодательстве и саамы получат исключительные права на исконно саамские территории. Кроме того, дело саамской деревни Гирьяс может стать причиной появления бóльшего числа исковых заявлений от саамов, не состоящих в саамской деревне и заявляющих о своих правах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lehtola Veli–Pekka. Saamelaiskiista. – Into, 2015. – 300 s.

2. Rennäringslag [Закон «Об оленеводстве»] / [Электронный ресурс]. Официальный сайт Lagen.nu. – URL: https://lagen.nu/1971:437 – (дата обращения: 08.10.2019).

3. Samebyn organiserar renskötseln / [Электронный ресурс]. Информационный сайт Samer.se. – URL: http://www.samer.se/samebyn – (дата обращения: 08.10.2019).

4. Jaktlag [Закон «Об охоте»] / [Электронный ресурс]. Официальный сайт Lagen.nu. – URL: https://lagen.nu/1987:259 – (дата обращения: 08.10.2019).

5. Bengtsson B. Samerätt: en översikt. – Norstedts juridik: Stockholm, 2004. – 131 s.

6. Rennäringsförordning [Указ «Об Оленеводстве»] / [Электронный ресурс]. Официальный сайт Riksdag.se. – URL: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/rennaringsforordning-1993384_sfs-1993-384 – (дата обращения: 08.10.2019).

7. Fiskeförordning [Указ «О рыболовстве»] / [Электронный ресурс]. Официальный сайт Riksdag.se. – URL: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/fiskeforordning-19931097_sfs-1993-1097 – (дата обращения: 08.10.2019).

8. Декларация Организации Объединенных Наций о правах коренных народов от 13 сентября 2007 года / [Электронный ресурс]. Официальный сайт Организации Объединенных Наций. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/indigenous_rights.shtml – (дата обращения: 09.10.2019).

9. Конвенция о коренных народах и народах, ведущих племенной образ жизни в независимых странах [Конвенция №169] / [Электронный ресурс]. Официальный сайт Организации Объединенных Наций. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/iol169.shtml – (дата обращения: 4.12.2019).

10. Gällivare District Court case, T. 323-09.

УДК 378.14.014.13

Е.И. Дашкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Цифровизация коммуникативного пространства, проявляющаяся в повсеместной доступности интернета, формировании диджитал-культуры, легком доступе к неограниченным потокам разнообразной информации, обеспечивает проникновение виртуальной среды во многие сферы общественной жизни. Цифровая культура определяет как социальную, так и социально-профессиональную мобильность индивида, что влияет на изменение поведенческих моделей современного поколения, направляя его к индивидуализации [1]. С вовлечением большого числа людей во взаимодействие с цифровыми технологиями неизбежно появляются проблемы психосоциального характера.

Наиболее активные пользователи медиапространства – молодежь – в большей степени подвержены развитию связанных с цифровизацией проблем. В частности, в «зоне риска» находится поколение Z – молодые люди, родившиеся начиная с 2000 года. Основные тренды поколения Z формируются под влиянием глобализации, компьютеризации, виртуальных сервисов, вследствие чего у молодого поколения появляются новые поведенческие привычки, стратегии и подходы [1].

Идентифицировать молодежь как однородную социально-демографическую группу очень сложно. Более того, даже сама молодежь не определяет себя единой группой. Конкретные социальные признаки и факторы, влияющие на ее формирование, имеет более узкая группа – студенческая молодежь. Важным для исследований направлением является изучение ценностей и моделей поведения обучающейся молодежи. *Актуальность* темы статьи заключается в необходимости отслеживания влияния цифровизации на способности студентов к обучению и на процесс получения образования в целом.

Методы исследования, использованные в работе: системный подход, анализ, синтез, обобщение, дедукция, индукция и другие методы систематизации, аналитической обработки и интерпретации информации.

Целью данной работы является определение механизма влияния технологий на учебный процесс. Для этого были выполнены следующие *задачи*: определены аспекты и феномены, присущие студенческой молодежи и социуму в целом, сформированные с развитием цифровой среды; обозначен механизм воздействия этих аспектов на процесс получения образования.

Система ценностных ориентаций разных поколений различна, и этот феномен широко освещается в научных работах. Например, в исследовании, проведенном в РГГУ, сравниваются терминальные ценности молодежи 2013 года (поколение Y) и 2019 года (поколение Z) [1]. Судя по полученным данным, многие ценностные ориентиры молодежи претерпевают изменения. Так, «собственное здоровье» больше не ценится в сравнении с прошлым поколением, то же самое произошло и с фактором «наличия хороших и верных друзей». Возможно, первый параметр связан с крепостью молодого организма, но второй свидетельствует о глубоком переходе нового поколения в виртуальный мир. Снижаются рейтинги «ценности брака», «любви» и «счастливой семейной жизни», что также может быть связано с виртуализацией отношений. На фоне возрастающих показателей значения фактора «уверенности в себе» наблюдается снижение позиции общественного признания, повышается ценность «материально обеспеченной жизни» и «удовольствий». Это может свидетельствовать об изменении индивидуальных стратегий поколения, стремлении к индивидуализации. Повышается ценность «получения образования и интересной работы»,

что требует дальнейших исследований процесса обучения и требований рынка труда, которые предъявляются молодому поколению в условиях цифровизации.

Развиваясь в рамках четвертой промышленной революции, цифровизация воздействует на процессы модернизации и моделирования образовательной среды, что, судя по многочисленным научным публикациям, заботит вузы и преподавательское сообщество. Внедряясь в образовательное пространство, новые технологии приводят к его кардинальному изменению в соответствии с тенденциями развития цифровой культуры [2]. Онлайн-образование и дистанционные средства обучения позволяют использовать время, которое сейчас в стенах университета занимает чтение лекций, для обсуждения материала и выработки практических навыков, в чем уверены многие студенты.

В рамках социологического исследования отношения студентов СПбПУ к цифровым технологиям и их влиянию на образование были подтверждены гипотезы, предполагающие, что внедрение цифровых технологий в образовательный процесс рассматривается студентами как фактор достижения большей эффективности обучения; с внедрением цифровизации возрастают ожидания студентов по отношению к образовательной среде вуза и качеству преподаваемого материала; развитие цифровой культуры в университете способствует развитию коммуникации и формированию творческой образовательной среды [3]. В ходе исследования студенты выделили следующие положительные стороны влияния цифровой культуры на образование: доступ к дистанционному обучению возможен из любой точки мира и в любое время; поиск информации удобнее, чем в библиотеке. Также студенты отметили негативные аспекты: по цифровым каналам информация запоминается хуже; материал не всегда понятен, требуется объяснение; не развиваются коммуникативные навыки. Такие результаты подтверждают неоднозначное, но в большинстве положительное отношение студентов к влиянию цифровизации на учебный процесс. Другое исследование показало, что студенты считают основными преимуществами коммуникации в цифровой среде удобство, скорость, возможность одновременного использования нескольких каналов и информационную насыщенность [4]. Также по мнению студентов цифровые технологии способствуют развитию таких качеств, как самостоятельность, ответственность и информационная культура.

Таким образом, внедрение технологий в образовательный процесс характеризуется в целом положительно. Помимо вышеназванных факторов, цифровизация помогает находить выражение внутриуниверситетским внеучебным занятиям студентов посредством социальных сетей: вести тематические группы и паблики студенческих объединений, делиться полезной информацией с однокурсниками, создавать текстовый, фото- и видеоконтент для освещения университетских событий. Цифровая культура рождает новые темы для исследований и научных работ, новые предметы в рамках существующих программ: в социологии появляется отрасль цифровой социологии [5], в IT-сфере – новейшие языки программирования, в психологии – новые вопросы цифрового характера и т.д. Однако, процесс цифровизации образовательного пространства не может протекать односторонне, помимо сильных сторон и возможностей ему присущи также проблемы и угрозы.

Так, с распространением цифровых форм интеракций появился феномен молчаливого потребления информации. При получении информации или общении через цифровые источники человек молчит в течение долгого времени, обрабатывая полученные знания мыслительно, а не в диалоге. Несколько лет назад исследователи опасались, что данный феномен повлияет на остановку формирования творческого мышления. Сегодня же в студенческой среде наблюдаются трудности как раз такого характера: например, студенты не могут разработать собственную тему исследования. Преподаватели замечают, что студентам сложно поставить собственный исследовательский вопрос, они, скорее, рассчитывают на то, что преподаватель назначит им тему или спросит о чем-либо, а им останется лишь выразить

ответ письменно или устно [6]. Также студентам тяжело дается методология «creative writing», чаще всего они пишут изложение или вообще игнорируют формальные правила написания эссе, отдаваясь бесконтрольному потоку сознания.

Важнейшей возможностью, которая появилась у человечества с приходом интернета, стал неограниченный доступ к любой мировой информации, что имеет огромное значение в образовательном процессе. Однако, вскоре появилось ограничение – фрагментарная, мозаичная культура – мыслительный аспект, сформированный у молодежи под влиянием цифровой среды. Мозаичная культура основана на мнении о знаниях, но не на самих знаниях. В рамках такой культуры на первый план выходят интерпретации и комментарии информации, а не ее первоисточник [6]. В глобальном смысле фрагментарность мышления ведет к непониманию закономерностей развития общества и культуры. В контексте образовательного процесса феномен мозаичного мышления оказывает влияние на качество знаний, полученных студентами и используемых ими далее в профессиональной деятельности.

Интернет-аддикция (зависимость) – новая форма девиантного поведения молодежи, появившаяся под воздействием сетевого распространения. Интернет-зависимость может выражаться во многих аспектах: информационная перегрузка, «электронное бродяжничество», т.е. длительная навигация по сети без конкретной цели; привязанность к электронным покупкам, онлайн-казино или ставкам; зависимость от киберотношений, общения, установления дружеских отношений или флирта в сети; зависимость от порнографии и др. [7]. У зависимого поведения есть специфика: оно может быть не только психологическим, но и нормативным и даже гармоничным (например, трудоголизм). Таким образом, влияние интернет-зависимости на познавательные способности студента характеризуется как отрицательно, так и положительно. В первом случае это расстройства зависимого поведения и психосоциальная дезадаптация, с чем процесс получения образования сочетаться не может. Во втором случае адекватная интернет-зависимость способствует творческому и духовному самосовершенствованию, что только помогает в учебе.

Интернет – это не только интерактивная площадка, способствующая оперативной передаче информации, но и особая коммуникационная среда. Она формирует оригинальный тип культуры, в котором существуют собственные нормы, правила и коммуникативные привычки. В рамках интернет-коммуникации проявляется девиантное поведение, присущее многим пользователям сети. В рамках социологического исследования, проведенного среди студентов СПбПУ, были выделены различные формы девиантного поведения молодежи, сформированные под влиянием цифровизации [8]. Студенты назвали наиболее опасными такие отклонения, как экстремизм, уход в виртуальную реальность, кибер-преступления, цифровая зависимость, группы смерти, наркоторговля. Отдельными девиациями в сети считаются речевые отклонения. Исследователи выделяют следующие формы девиантного речевого поведения в сетевом пространстве: спам, фишинг, троллинг, флудинг, флейминг и другие. Многие их этих девиаций заключаются в травле, запугивании, оскорблении, клевете и стигматизации, для них есть общий термин – кибербуллинг. Чаще всего под кибербуллингом скрываются голословные обвинения оппонента, не основанные на конкретных фактах и аргументах. Возможно, поэтому в студенческой среде наблюдаются трудности в аргументации своей позиции. Например, преподаватели замечают, что студенты приравнивают аргумент к мнению и выражают лишь субъективные впечатления без критической оценки убедительности рассматриваемого вопроса [6].

В исследовании среди студентов российских вузов был выделен феномен студенческой прокрастинации (от англ. procrastination – откладывание, промедление), который прямо влияет на учебный процесс [9]. Исследование показало, что 91% опрошенных студентов склонны откладывать выполнение заданий или принятие решений на более поздний срок.

Авторы исследования предлагают типологию, по которой определяется степень влияния прокрастинации на процесс обучения студента. Они выделяют «абсолютного не-прокрастинатора» (не откладывает дела, нет негативных последствий), «продуктивного прокрастинатора» (откладывает менее срочные дела без негативных последствий, не нарушает сроки сдачи работ) и «непродуктивного прокрастинатора» (сознательно откладывает дела, нарушает сроки сдачи работ, в свободное время отдыхает, а не решает накопившиеся задачи). Влияние данного феномена на процесс обучения иллюстрируют следующие результаты исследования: среди студентов, учащихся на «отлично», преобладали «продуктивные прокрастинаторы», а среди «троечников» – «непродуктивные прокрастинаторы». Отдельным аспектом является «цифровая прокрастинация» – явление, когда во время учебы (дома или на лекции) студент отвлекается на телефон или компьютер. Его влияние на учебный процесс также рассмотрено в исследованиях, которые установили, что студенты, склонные к обычной прокрастинации, также часто отвлекаются на социальные сети на лекциях.

Таким образом, степень влияния технологий на учебный процесс очень высока, влияние цифровизации на способности молодежи к обучению очевидно и неоспоримо, однако характеру этого влияния присуща двойственность, так как невозможно четко определить, позитивно оно или негативно. В связи с непрерывным изменением цифровой среды необходим постоянный мониторинг трансформаций моделей поведения и ценностей студентов под воздействием технологий, а также своевременное внедрение необходимых технологических изменений в учебную среду с целью обеспечения успешного процесса получения образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головко С.Б., Коханова Л.А., Черешнева Ю.Е. Цифровые технологии в молодежной среде: культурные и поведенческие феномены // Технологии PR и рекламы в современном обществе: материалы XIV Всероссийской научно–практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 80–84.

2. Хатанзейский К.К. Интернет как динамическая система виртуальной коммуникации // Технологии PR и рекламы в современном обществе: Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 214–216.

3. Журавкова Ю.А., Сипченко Д.Ю., Смирных Н.О. Влияние цифровой культуры на образовательное пространство университета // Технологии PR и рекламы в современном обществе: материалы XIV Всероссийской научно–практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 127–132.

4. Парфененкова В.Ю., Смирнов М.В., Некрасова А.И., Трофимова Е.С. Тенденции изменения взаимоотношений между преподавателями и студентами в условиях цифрового общества // Технологии PR и рекламы в современном обществе: материалы XIV Всероссийской научно–практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 247–253.

5. Глазков С.В., Поздеева Е.Г. Цифровая социология и ее перспективы в образовательном пространстве // Технологии PR и рекламы в современном обществе: материалы XIV Всероссийской научно–практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 72–76.

6. Блушевич Т. Российские студенты глазами иностранных профессоров [Электронный ресурс] // Sas.utmn.ru, 2018. – URL: https://sas.utmn.ru/ru/russian-students (дата обращения: 5.10.2019).

7. Менделевич В.Д. Особенности девиантного поведения в интернет-пространстве [Электронный ресурс] // ПМ, 2013. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-deviantnogo-povedeniya-vinternet-prostranstve (дата обращения: 5.10.2019).

8. Гурьянов Е.Н., Алтанец Д.А., Иванов В.В., Глазков С.В. Влияние цифровых технологий на девиантное поведение в молодежной среде // Технологии PR и рекламы в современном обществе: материалы XIV Всероссийской научно–практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 88–92.

9. Колесниченко М.Б., Паршакова О.Ю. Социологический подход к студенческой прокрастинации // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2018. № 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiologicheskiy-podhod-k-studencheskoy-prokrastinatsii (дата обращения: 25.11.2019).

УДК 659.152.2

Д.Б. Кабдолдина, В.Л. Леонтьева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОММУНИКАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ КОМПАНИЙ НА РЫНКЕ B2B В СФЕРЕ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

В условиях действия рыночных механизмов регулирования экономики и высокого уровня насыщенности потребительского рынка достичь коммерческого успеха в отношении научно-технического продукта, как, впрочем, и любой другой продукции, можно лишь благодаря регулярному внедрению в нее успешных инноваций.

Крайне важной задачей является создание нового или модификация уже имеющегося продукта, такого, чтобы покупатель нуждался в нем. Поэтому маркетинг все чаще обращается к нестандартным решениям, способствующим повышению ценности товара в глазах потребителей и усилению выгоды от его использования [1].

На сегодняшний день неоспорим тот факт, что внедрение обычных рекламных подходов на рынке сложной высокотехнологичной продукции имеет серьезные ограничения. Вероятнее всего, это обуславливается специфичным названием товарной продукции и высоким уровнем риска, связанным с его закупкой. Это оказывает огромное влияние на внедрение маркетинговых инструментов и обуславливает цепочку особенностей, связанных с маркетинговой стратегией внедрения высокотехнологичной продукции [2].

Стратегия маркетинговой деятельности представляет собой генеральную программу действий, в которой отражаются приоритетные проблемы предприятия, а также ресурсы, необходимые для их решения [3]. Стратегия формулирует главные цели и основные пути достижения результата таким образом, что предприятие получает единое направление в деятельности.

Специальное мероприятие — это тщательно спланированная акция, которая проводится в рамках общей коммуникационной программы и, как правило, является одним из ее «ключевых» этапов. Именно в момент проведения специального мероприятия возможно максимальное наполнение информационного поля вокруг объекта [4]. 41% маркетологов считают, что специальные мероприятия являются более эффективным каналом, чем диджитал-реклама, email-маркетинг и контент-маркетинг [5, с. 5]. 55% B2B организаций тратят более 21% маркетингового бюджета на специальные мероприятия [5, с. 7]. 81% маркетологов считают, что в будущем специальные мероприятия будут главными составляющими успеха компании [5, с. 18].

Цель исследования: проанализировать специальные мероприятия и их продвижение в сфере B2B (на примере мероприятия «PROSTOR» от компании-организатора «Рэйдикс»).

ООО «Рэйдикс» занимается разработкой и реализацией программного обеспечения (ПО) для систем хранения данных (СХД), что является узкоспециализированной высокотехнологичной сферой деятельности. СХД – это комплекс программных и аппаратных средств, созданных для управления и хранения больших объёмов данных. Одним из актуальных направлений в индустрии хранения стало программно-определяемое (или программируемое) хранение – Software Defined Storage (SDS) [6]. Под программно-определяемым хранением понимают группу программ для хранения данных, которые должны независимо от оборудования с помощью виртуализации дисковых ресурсов

обеспечивать полный набор используемых для хранения сервисов [7]. Компания работает на рынке B2B, поставляя ПО партнерам, которые, в свою очередь, предлагают готовые решения конечным потребителям.

Основными инструментами продвижения на данном рынке являются: direct-маркетинг (e-mail маркетинг, телемаркетинг), PR (публикации в отраслевых СМИ, участие в интернет-форумах), SEO-оптимизация (сайт компании, ссылки на сайт компании с сайтов-партнеров, отраслевых форумов, отраслевых интернет-СМИ, тематических сайтов), специальные мероприятия (например, вебинары, конференции, выставки).

Уникальность специальных мероприятий как маркетингового инструмента заключается в объединении функций персональных продаж и рекламной деятельности в одном месте. Применение event-маркетинга на рынке B2B является устоявшимся инструментом для продвижения своей продукции, который часто является единственной жизнеспособной стратегией коммуникаций с потребителем ввиду сложности продуктов, необходимости предоставления информации и крупного размера заказа как для первоначальных, так и для долгосрочных закупок. Встречи на мероприятиях обеспечивают коммуникативный повод и облегчают дальнейшие контакты с клиентами [8].

«ПРОSTOR» – это крупнейшая отраслевая встреча профессионального сообщества в области хранения данных, которая проводится ежегодно в Москве, начиная с 2014 года. Конференция расширяется с каждым годом по масштабу, количеству тем и аудитории: четвертый «ПРОSTOR» собрал более 250 гостей и 12 спикеров с докладами, а компании-партнеры презентовали 9 демо-стендов. Для компании «Рэйдикс» мероприятие «ПРОSTOR» является инструментом для поддержания отношений с партнерами, с конечными потребителями, для увеличения охвата аудитории, ознакомления потенциальных конечных потребителей с компанией и компаниями-партнерами.

В настоящее время сложился определенный подход к структуризации основных составляющих комплекса маркетинга, который получил название «4P» – четыре вида маркетинговых стратегий под названиями, начинающимися с английской буквы «P»: Product, Price, Place, Promotion [9]. Рассмотрим каждую составляющую подробно.

Мероприятие как продукт (Product) имеет свои составляющие, которые делают его товаром: это, во-первых, название мероприятия, которое должно быть запоминающимся и заранее мотивировать к участию. Название мероприятия «ПРОSTOR» демонстрирует лаконичность и смысловую насыщенность, где корень «stor» (сокращение от «store») переводится как «хранить», «склад», «память», «запоминающее устройство» и приставки «про-», которая обозначает значение предлога «про», то есть как обозначение того, о чем будет идти речь. Во-вторых, следующая характеристика «продукта» – это дизайн мероприятия с учетом фирменных цветов компании, заказ сувенирной продукции, разработка и реализация листовок, брошюр, подготовка единого стиля презентаций. Фирменными цветами компании «Рэйдикс» являются темно-синий и малиновый, в которых выполнен логотип (рис. 1).



Рис. 1. Логотип компании «Рэйдикс»

Для спикеров от компании «Рэйдикс» были заказаны футболки в решении темно-синего цвета с вышивкой логотипа компании (рис. 2).



Рис. 2. Футболки участников от компании «Рэйдикс»

Рис. 3. Логотип компании «Рэйдикс» до ребрендинга

Также были разработаны листовки с краткой характеристикой компании, продуктов компании и с указанием компаний-партнеров. Единый стиль презентаций используется в компании с момента ребрендинга, когда изменился логотип (рис. 3).

Следующая характеристика – программа мероприятия, которая является одной из его важнейших составляющих. Программа конференции разрабатывается с учетом трендов и тенденций на данном рынке и учитывает специфику целевой аудитории мероприятия. Целевой аудиторией мероприятия являются представители государственных учреждений, компании банковского сектора, крупные сети розничной торговли, компании, предоставляющие услуги телекоммуникации, а также инженеры, эксперты, ученые, технические директора, специалисты IT-компаний. На мероприятии выступают спикеры от крупнейших российских и зарубежных компаний (Western Digital, Mellanox, Broadcom, Nanotech, Netberg).

Программа «ПРОSTORa» в этом году:

- «Трек 1. Как технологии меняют наше представление о хранении данных» со спикерами от компаний Western Digital и Рэйдикс,
- «Трек 2. Flash и не только. Что меняется в накопителях?» со спикерами от компаний Nanotech, Western Digital и Panasonic,
- «Трек 3. От контроллера к новой архитектуре хранения» со спикерами от компаний Mellanox, Broadcom и Microchip.

Важной характеристикой мероприятия является его выставочная часть – коммуникационный канал, который позволяет, с одной стороны, поставщикам встретиться лицом к лицу с конечным пользователем, с другой стороны, увидеть конечным потребителям полную картину рынка в одном месте [10]. На «ПРОSTORe» таким местом является демо-зона, где демонстрируются программно-аппаратные решения и новинки от производителей: дисковые полки, серверы, контроллеры, адаптеры от компаний-партнеров Western Digital, Panasonic, Mellanox, Broadcom, Microchip, GS Nanotech (рис. 4). Например, на «ПРОSTORe 2018» был развернут стенд с демонстрацией отечественных разработок и презентацией полностью российской системы данных на базе процессоров «Эльбрус» и ПО «Рэйдикс».

«Price» – ценовая политика мероприятия. Финансовое планирование и грамотный финансовый контроль – важный аспект при проведении любого мероприятия. Участие в

«ПРОSTORe» является бесплатным. К категории «Price» также относятся партнеры-спонсоры мероприятия, которые в данном случае являются технологическими партнерами.



Рис. 4. Стенд компании «GS Nanotech» в демо-зоне

От «Place» – помещения для организации – зависит посещаемость (насколько популярным станет мероприятие), возможность привлечения спонсоров, соответствие целевой аудитории. «ПРОSTOR» в 2018 и в 2019 годах проводится в Deworkacy Красный Октябрь – многофункциональном деловом пространстве, расположенном в центре Москвы. На территории «Красного Октября» имеются большой конференц-зал, 2 лектория (большой и малый), два VIP-офиса и переговорная.

Привлечение внимания к мероприятию – «Promotion» – одно из ключевых факторов его успеха. В этом направлении обычно используются следующие каналы: сайт мероприятия, директ-маркетинг (в основном e-mail-маркетинг – рассылка приглашений конечным потребителям, партнерам или письмо со ссылкой на регистрацию потенциальным конечным потребителям), реклама в отраслевых СМИ. Мероприятие «ПРОSTOR» использует direct-маркетинг, рассылая специальные письма-приглашения конечным потребителям, компаниям-партнерам, а также используя рассылку по потенциальным конечным потребителям с предложением об участии и ссылкой на регистрацию на сайте; SEO-оптимизацию сайта с функцией информирования участников и регистрационной формой; SMM-маркетинг – публикацию постов на страницу компании в Facebook, Twitter; телемаркетинг по базе уже имеющихся заказчиков, компаний-партнеров.

Концепция событийного маркетинга рассматривает его особую разновидность – медийное событие. Такие мероприятия создают долговременный информационный повод. Медийное событие наделяется не только непосредственным значением, но и способно привлечь максимум представителей целевой аудитории. Событие является поводом, позволяющим установить контакт с представителями прессы, формирует их расположение и интерес. Мероприятие «ПРОSTOR» продвигает свое медийное событие с помощью пресс-релизов, пост-релизов и статей в отраслевых СМИ (на сайтах TAdviser, CNews, ComNews, ИКСМедиа, storagenews).

Оценка эффективности подобного типа мероприятий имеет свои особенности. Эффективность мероприятия можно оценить по количеству зарегистрированных участников, количеству гостей, посетивших мероприятие, числу совершенных на мероприятии сделок, количеству следующих соприкосновений с партнерами или конечными потребителями. Особенность оценки эффективности таких проектов в том, что полученные в рамках

выставочного мероприятия контакты могут перерасти в контракты (и последующие продажи) через несколько месяцев или, даже через год после участия в выставке. Данный временной лаг и отложенный эффект следует учитывать при планировании эффективности участия в деловых мероприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абабкова М.Ю., Леонтьева В.Л. Поведение потребителей в научно-технической сфере: учеб. пособие – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 226 с.

2. Филлипова С.Е. Особенности продвижения высокотехнологического бизнеса на международном рынке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 3. – С. 912–914.

3. Абабкова М.Ю., Леонтьева В.Л. Психология маркетинга и рекламы в научно-технической сфере: учеб. пособие – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 208 с.

4. Хашковский А. События, которые мы создаем. [Электронный ресурс] // The Chief. – 2005. – № 10. – URL: https://www.ippnou.ru/article.php?idarticle=001744 / (дата обращения: 07.10.2019).

5. Bizzabo. Event Marketing Report: Benchmarks and Trends. – 2019. – 22 с.

6. Смелянский Р. Программно-конфигурируемые сети. [Электронный ресурс] // Открытые системы. СУБД, № 9, 2012. – URL: http://www.osp.ru/os/2012/09/13032491/ (дата обращения: 07.10.2019).

7. Докучаев В.А., Кальфа А.А., Мытенков С.С., Шведов А.В. Анализ технических решений по организации современных центров обработки данных // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 2. № 6. С. 16–24.

8. Сысоева Т.Л., Тимохина Г.С., Худякова Т.С. Результативность использования выставочной деятельности на рынке B2B в стратегии продвижения // Региональная экономика: теория и практика. – 2017. – Т. 15, № 10. – С. 1975–1988.

9. Бажанова И.Д. Использование принципов маркетинга при организации международных конференций // Научный вестник МГТУ ГА: серия Менеджмент, экономика, финансы. – 2009. – № 143. – С. 81–86.

10.Шумович А.В. Великолепные мероприятия: Технология и практика event-менеджмента. – 3-е изд. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2008. – 336 с.

УДК 339.138

Д.Г. Попов, М.В. Смирнов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭВОЛЮЦИЯ КОНЦЕПТОВ ОБРАЗОВ СЕВЕРНОЙ СТОЛИЦЫ В XXI ВЕКЕ

Любое исследование в области маркетинга территорий стоит начинать с обоснования необходимости создания бренда города. Несмотря на то, что «бренд» и «маркетинг» являются сугубо экономическими категориями, последние десятилетия повышается интерес к применению их в социальных сферах, например, в системах здравоохранения, НКО и так далее. Постепенно маркетинговые и брендинговые технологии стали применяться для развития территорий, а именно, стран, регионов и городов. Наиболее сложной и интересной авторам представляется тема формирования подходов к созданию бренда Санкт-Петербурга.

Методы исследования: сопоставительно-аналитический и сопоставительно-исторический методы, контент-анализ и анализ конкурентной среды.

Цель: выработка рекомендаций по принятию эффективных управленческих решений, нацеленных на улучшение текущей ситуации с формированием бренда города и доверия к нему.

Задачи: обосновать необходимость создания и развития бренда Санкт-Петербурга; исследовать историю формирования бренда СПб; определить текущие проблемы, связанные

с брендом города и доверием к нему; выработать ряд альтернативных рекомендаций по принятию решений для улучшения текущей ситуации.

Главная задача территориального маркетинга и брендинга – увеличение качества жизни населения, в том числе и посредством повышения инвестиционного потенциала, туристической привлекательности региона, экономического и культурного развития территорий. В эпоху глобализации такому культурному, туристическому, экономическому и научному центру как Санкт-Петербург, претендующему на роль глобального города, для улучшения показателей по таким критериям как культурный, информационный и инвестиционный капитал, необходимо наличие стабильной долгосрочной стратегии бренда города [1].

Санкт-Петербургу, несмотря на то, что он и так узнаваем благодаря своей истории и атрибутам, всё равно нужен бренд, поскольку атрибутика города либо показывает, что есть в нём, либо вообще говорит сама за себя, но почти никогда не создаёт систематизированного понимания города (хотя посредством грамотного брендинга может участвовать в его формировании). Иными словами, атрибутика не отражает сути города, а также тех благ и возможностей, которые он может предоставить. Таким образом, бренд как бы систематизирует коммуникации между городом и теми целевыми аудиториями, с которыми нужно работать. Можно привести и множество других аргументов в пользу использования территориального брендинга для развития потенциала территории. Примером успешного территориального бренда является бренд глобального города Дубая, где посредством грамотной работы административных органов с брендом, а также сайта и социальных сетей налажены коммуникации с основными целевыми аудиториями: туристами и представителями бизнеса [2].

Рассмотрим богатство возможностей и атрибутов города, которые могут помочь в разработке его бренда. Санкт-Петербург – один из самых аутентичных городов не только России, но и мира. В нём интересно всё: реки и каналы, миниатюрные мостики и разводные мосты, особенно впечатляющие белыми ночами, разнообразная архитектура (от петровского и екатерининского барокко до кирпичного стиля и «северного модерна»), калейдоскоп культур и их представителей (от классики до андеграунда), погода, свой диалект и многое-многое другое. Продолжать перечислять все особенности, маркеры и атрибуты Санкт-Петербурга можно бесконечно долго, но, несмотря на их обилие, активный интерес отечественной и зарубежной аудитории к Санкт-Петербургу, а также на наличие таких наград, как «Ведущее городское направление Европы 2019» (World's Leading City Destination 2019) на World Travel Awards – престижной премии, разыгрываемой среди европейских стран (Санкт-Петербург также представлен в нескольких номинациях, таких как «Ведущее направление для деловых путешествий» (World's Leading Business Travel Destination 2019), «Ведущее городское направление» (World's Leading City Destination 2019), «Ведущее круизное направление» (World's Leading Cruise Destination 2019), «Ведущее культурное городское направление» (World's Leading Cultural City Destination 2019)), вопрос о стабильной стратегии бренда города, которая была бы способна эффективно продвигать его на уровне глобальных центров городского туризма, несмотря на выход в свет мета-бренда от SPN Communications, до сих пор остаётся открытым.

Концепт Санкт-Петербурга от компании SPN Communications от декабря 2018 года был буквально недавно представлен официально широкой публике, которая восприняла его очень неоднозначно [3]. Он и ранее, находясь в стадии разработки, послужил причиной нескольких юридических споров, касающихся конкурса [4]. При этом, по мнению авторов статьи, ключевой проблемой выступает отсутствие эффективного механизма открытого конкурсного обсуждения проекта бренда СПб. Отсутствие единой концепции брендинговой кампании и проблема признания попыток айдентики среди PR-сообщества стали, к сожалению, другой визитной карточкой Санкт-Петербурга, что снижает эффективность

коммуникационных кампаний по увеличению популярности города. На данный момент мы имеем ситуацию, в которой город, заложенный с чёткой идеей и концепцией, сегодня сталкивается с трудностями в определении собственной идентичности [5]. А ведь Санкт-Петербург известен со времен Петра I как «Северная столица», «окно в Европу» и «город на Неве», в имперское и советское время, количество идентификационных маркеров только увечилось, а сегодня Петербург – важнейший для РФ туристический центр (особого внимания заслуживают событийный и круизный туризм из-за огромного количества проводимых в городе культурно-развлекательных мероприятий) [6]. Перед Правительством СПб встала задача повысить узнаваемость и привлекательность Санкт-Петербурга для целевых аудиторий, а именно туристов, иностранных инвесторов и производителей, государственных органов власти, жителей города, иногородних и иностранных специалистов и абитуриентов, а также других.

В 2005–2006 гг. правительством города была поставлена задача – превратить Санкт-Петербург в пятый по посещаемости город мира (с бюджетом в 10 млн. рублей) [7]. В 2010 году брендинговым агентством Volga-Volga была разработана и реализована маркетинговая компания по продвижению Санкт-Петербурга как яркого туристического центра с богатой и живописной культурой. Слоганом данной кампании стала фраза «Никаких медведей. Только красота» [5].

В 2014 году Комитет по развитию туризма Санкт-Петербурга заключает контракт на разработку логотипа города со Студией Артемия Лебедева. В конце того же года Студия представляет результат, который был воспринят очень неоднозначно [8]. В 2016 году после жалобы компании «Григорьев Борис и партнеры» ФАС потребовала расторгнуть соглашение из-за нарушений правил закупок.

Осенью 2018 года проводится конкурс на разработку мета-бренда Санкт-Петербурга, который выигрывает компания SPN Communications с бюджетом более 7 млн рублей. Этот конкурс также оказался не без возражений – уже со стороны участников рынка. Специалисты из различных рекламных и дизайнерских агентств раскритиковали условия конкурса. Во-первых, сумма контракта в 8.27 миллиона рублей при условии объёма и сложности работы была воспринята не как чрезмерная (какой она может показаться), а наоборот. Во-вторых, сумма обеспечительного платежа размером в 2 миллиона рублей оказалась для многих агентств едва ли по силам. И наконец, сроки, выделенные заказчиком (1.5 месяца), были восприняты как практически нереальные для выполнения качественной работы. Более того, ещё тогда отмечалась изолированность создания бренда (а точнее, уже мета-бренда) Санкт-Петербурга от жителей и гостей города, то есть, обыкновенный житель мог только урывками из немногочисленных упоминаний в СМИ узнать о том, что, для кого и зачем делается [9].

Итак, конкурс отгремел, работа началась, однако спустя некоторое время петербургское представительство Ассоциации коммуникационных агентств России (АКАР) обращается в суд с жалобой на комитет по развитию туризма. Юрист АКАР: «Проведение конкурса было невозможным, поскольку отсутствует предмет для оказания услуг (а именно «мета-бренд»), то есть он не существует в природе. Условия конкурса были лишены конкретики, поэтому могли ввести в заблуждение участников…». Более того, по мнению АКАР, были нарушены процедуры закупки, так как срок на выполнение заказа делал его реализацию невозможной. Комитет по развитию туризма настаивал, что истец нарушил сроки обжалования. Суд не удовлетворил иск АКАР. Пресловутый же термин «мета-бренд» был отправлен на исследование специалистам. На недавней презентации мета-бренда руководитель SPN Communications Андрей Баранников объяснил: «мета-бренд – это документ, который содержит в себе достаточно подробную инструкцию для тех, кто будет общаться с различными целевыми аудиториями – иностранными гостями, внутренними туристами, жителями города» [10].

Неоднократные юридические тяжбы, а также отсутствие информации о разработанных по итогам конкурса материалов, вплоть до недавнего момента ставили вопрос и о том, насколько создаваемый продукт будет востребован целевыми аудиториями и профессионалами [4]. Отсутствие стабильности, основанное на частых сменах желаемого образа города, несомненно отрицательно сказывается как на репутации бренда Санкт-Петербурга, так и на его восприятии целевыми аудиториями.

13 ноября 2019 года в ходе Международной конференции «Вовлечение объектов культурного и природного наследия в мировые туристские маршруты» официально представили новый мета-бренд Санкт-Петербурга. Логотип представляет собой «бирюзовое солнце» как отсыл к северным широтам и полярной ночи. Шрифтовая композиция логотипа также намекает на разводные мосты – один из главных атрибутов Петербурга. Создатели подчеркнули, что фирменный стиль, разработанный ими, не сводится только к логотипу. Как не сводится к визуальной части и сам мета-бренд. «Все считали, что мы занимаемся разработкой исключительно визуального решения. В реальности это было лишь 10% работ. 90% – это разработка большого объема документов, которые уже переданы комитету по развитию туризма», – пояснил глава SPN. Ключевой идеей мета-бренда является представление Санкт-Петербурга как Города Личностей, выдающихся людей, создаваемого ими и создающего их. Слоган мета-бренда – «Создавать великое» [10].

Презентация вызвала настоящий бурю в сети Интернет, причём «бурю» в явно негативном ключе. Как обычные пользователи, так и специалисты раскритиковали и даже высмеяли новый мета-бренд, а именно его логотип. Кто-то высказывался о низком качестве работы, кто-то об отсутствии подходящей Петербургу с его богатой историей концепции и так далее. Также в сети стали появляться пародии на логотип в самых разных формах [3]. Появляется очевидная атмосфера непонимания и недоверия, причину которой авторы данной статьи видят в информационной закрытости и, если так можно выразиться, «законсервированности» проводимых работ.

Соответственно, появляется потребность в разработке концепции бренда города, к которой жители были бы лояльны, которой бы они доверяли. Грамотные управленческие решения могут повысить не только качество брендменеджмента и результативность решения конкретных задач, но и доверие к построению бренда города. Поэтому, проанализировав доступную информацию, авторы видят три возможных выхода из сложившейся ситуации.

1. Сохранение подхода, основанного на решениях о формировании бренда Санкт-Петербурга на основе представлений правительства города о маркетинговых коммуникациях. Такой подход хоть и основан на понимании наличия ресурсов и задачах по развитию города как единого социально-экономического объекта, но он во многом становиться менее эффективным в условиях частой ротации кадров и ответственных лиц.

2. Активное информирование о текущем подходе к формированию мета-бренда на основе проекта SPN Communications. Данный вариант имеет свои преимущества, прежде всего, исходя из понесенных затрат со стороны правительства города, а также авторитета компании. Важную роль также будет играть политика открытости и информирования о положении дел. Однако, как юридический конфликт по поводу конкурса, так и затянувшийся процесс представления мета-бренда уже успели навредить репутации бренда города в глазах общественности.

3. В случае же, если общественность не удастся удовлетворить текущим продуктом от SPN Communications, возможно, есть смысл прибегнуть к новому конкурсу на основе открытого поиска подходов к стратегическому видению бренда Санкт-Петербурга. Вопрос о перспективах нового конкурса может актуализироваться. В этой связи возможно как проведение единого конкурса с максимально широким участием заинтересованных организаций, так и более активное вовлечение горожан (как ключевых носителей городской идентичности) к вопросам построения бренда. В то же время на основе сформировавшегося в

результате конкурса видения бренда, можно будет организовать и конкурсы, ориентированные на разработку концепций продвижения бренда.

В заключение стоит сказать, что вовлечение всех заинтересованных лиц и, в частности горожан, как носителей той самой идентичности, которая ложится в основу лучших территориальных брендов, в процесс построения бренда позволит как избежать многомиллионных затрат, так и повысить уровень доверия к инициативе и самой эффективности коммуникаций на основе бренда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Д.Г., Фокина В.В. Роль «Глобальных городов» в современной системе международных отношений // Управленческое консультирование. 2015. № 2 (74). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-globalnyh-gorodov-v-sovremennoy-sisteme-mezhdunarodnyh-otnosheniy (дата обращения: 09.10.2019).

2. Смирнов М.В., Попов Д.Г. Территориальный маркетинг в сети интернет: новые технологии – новые возможности // Технологии PR и рекламы в современном обществе. 2019. С. 318–322.

3. «Стыдно за культурную столицу»: новый логотип Санкт-Петербурга вызвал бурю в соцсетях // Forbes [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.ru/newsroom/obshchestvo/387549-stydno-za-kulturnuyu-stolicu-novyy-logotip-sankt-peterburga-vyzval-buryu (Дата обращения 23.11.2019).

4. Засекреченный мета-бренд Петербурга испытает последнюю проверку на прочность в суде // DeltaNews [Электронный ресурс]. URL: https://delta.news/m/article/zasekrechennyy-meta-brend-peterburga-ispytaet-poslednyuyu-proverku-na-prochnost-v-sude-2578 (Дата обращения 05.10.2019).

5. Родькин П. Проблемы и перспективы туристического бренда Санкт-Петербурга // PRdesign [Электронный ресурс]. URL: http://www.prdesign.ru/text/2011/spb.html (дата обращения: 30.09.2019).

6. Ефремова Е.С., Малышев А.М. Продвижение бренда Санкт-Петербурга на международном рынке событийного и круизного туризма // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2015. № 4 (26). С. 22–26.

7. Санкт-Петербург как бренд: концепции продвижения города // Livejornal [Электронный ресурс]. URL: https://evgenysolomin.livejournal.com/651038.html (Дата обращения: 30.09.2019).

8. История не одного территориального брендинга // Сноб [Электронный ресурс]. URL: https://snob.ru/profile/28902/print/87344 (Дата обращения: 30.09.2019).

9. Новый бренд Санкт-Петербурга // Санкт-Петербургский Союз дизайнеров [Электронный ресурс]. URL: http://www.designspb.ru/news/articles/brend_Sankt_Peterburga/ (Дата обращения: 24.11.2019).

10. Новый мета-бренд Санкт-Петербурга: как это выглядит // АТОР [Электронный ресурс]. URL: https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/49343.html (Дата обращения 24.11.2019).

УДК 339.138

А.В. Носова, И.Р. Тростинская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОММУНИКАЦИЙ СТРОИТЕЛЬНО-РЕМОНТНОЙ КОМПАНИИ НА РЫНКЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Человека всегда окружали различные коммуникации – личные и общественные, в том числе рекламные и маркетинговые. Эффективное управление коммуникациями позволяет компании успешно осуществлять свою деятельность на рынке, транслируя нематериальные ценности, на которые зачастую опирается потребитель при выборе товара. Нарушение связей компании с внешним миром подвергает огромному риску всю ее деятельность. Ввиду развития рынка и появления новых игроков, актуальность и внешних, и внутренних коммуникаций компании стремительно увеличивается, и их формированию и поддержанию важно уделять достаточное внимание.

Объектом данного исследования является коммуникационная деятельность компании.

Предметом исследования – система коммуникаций ООО «БЭЙС2» (Base2Space).

Цель исследования – разработка рекомендаций по формированию системы коммуникаций ООО «БЭЙС2», строительно-ремонтной компании, работающей на рынке Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд *задач*:

1. Изучить теоретические аспекты понятий «коммуникации» и «система коммуникаций».
2. Выявить особенности формирования системы коммуникаций компании в строительно-ремонтной сфере.
3. Провести маркетинговый анализ строительно-ремонтного рынка Санкт-Петербурга и Ленинградской области.
4. Дать характеристику ООО «БЭЙС2» и определить проблему.
5. Разработать рекомендации по формированию системы коммуникаций ООО «БЭЙС2».
6. Оценить предполагаемую эффективность предложенных рекомендаций.

При проведении исследования использованы такие *методы исследования*, как: анализ, синтез, индукция, дедукция, сравнение, описание.

В процессе исследования были рассмотрены работы Д. Вольтона, Е.Н. Голубковой, Б.З. Мильнера, Ф.И. Шаркова, Д.А. Шевченко и др. Информационную базу исследования составили такие интернет-источники, как: «КонсультантПлюс», «Киберленинка – научная электронная библиотека», сайты исследуемых организаций и др.

В ходе изучения теоретической базы было выявлено, что как в России, так и за рубежом изучению коммуникаций посвящено большое количество работ [1, 2]. Отдельное внимание уделяется терминологии – эта сфера постоянно развивается. К концу 2018 года количество определений составляло более 300. В данном исследовании, исходя из поставленных целей и задач, придерживаясь сферы рекламы и маркетинга, коммуникации понимаются как мероприятия, направленные на обмен информацией внутри организации (между персоналом, персоналом и руководством) и на взаимодействие организации с целевыми аудиториями (группами людей, имеющими значение для деятельности компании) с целью выстраивания долгосрочных и доверительных отношений с помощью различных каналов, таких как телевидение, радио, пресса, наружная реклама, Интернет, устный контакт и т.д. Кроме того, система коммуникаций определяется, как система, предполагающая комплексное использование каналов передачи сообщения, согласованных между собой и поддерживающих друг друга. Можно выделить четыре блока системы, в рамках которых компаниям следует выстраивать взаимоотношения с целевыми аудиториями, а именно: продвижение в интернете, личное взаимодействие с потребителями, работа со СМИ и оффлайн-продвижение.

Далее, следуя поставленным задачам, было уделено внимание изучению особенностей формирования системы коммуникаций и выстраивания взаимоотношений с потребителями в сфере услуг, в частности на строительно-ремонтном рынке. Сделан вывод, что в сфере услуг, являющейся высоко контактной, к стандартному комплексу маркетинга, включающему в себя такие элементы, как товар (product), цена (price), каналы распределения (place) и продвижение (promotion) добавляются три дополнительных элемента: процесс (process), люди (people) и материальная среда (physical evidence) [3]. Следует учитывать, что, приобретая строительно-ремонтные услуги потребитель сталкивается с высокой степенью риска и выбирает подрядчика очень внимательно, в первую очередь принимая во внимание такие критерии, как: качество услуг и материалов, стоимость услуг, соблюдение сроков выполнения работ, опыт/квалификация специалистов, гарантии. Коммуникации в данной сфере должны быть выстроены с учетом опасений потребителей, вызывать доверие и минимизировать ощущение тревожности.

Также в соответствии с поставленными задачами и в целях выявления наличия спроса на рынке строительно-ремонтных услуг Санкт-Петербурга и Ленинградской области был проведен маркетинговый анализ. Установлено, что спрос на услуги по ремонту формируется под воздействием трех факторов: строительство новых домов (в 2018 году в эксплуатацию было введено в полтора раза больше квартир, чем в 2017 году; в 2019 году планируется ввести в эксплуатацию 3,4 млн. кв. м. жилья [4]), купля-продажа квартир на вторичном рынке (в среднем ежегодно примерно у 80 тыс. квартир появляются новые хозяева [5]) и необходимость планового ремонта (каждые 7–10 лет). Кроме того, анализ поисковых запросов пользователей в системе Яндекс показал повышенный интерес к сфере ремонта: в октябре 2019 года жителей Санкт-Петербурга и области «ремонт квартир» интересовал 56 493 раз (affinity index – 105 %), из них запросов только из Санкт-Петербурга – 50 144 (affinity index – 107 %).

Рынок строительно-ремонтных услуг Санкт-Петербурга и Ленинградской области является высококонкурентным, на нем представлено более сотни компаний и тысячи частных мастеров. Одним из субъектов данного рынка является ООО «БЭЙС2» – сервис пре-ремонта, предоставляющий свои услуги на рынке Санкт-Петербурга и Ленинградской области под торговой маркой «Base2Space». Компания работает на рынке B2C и предлагает клиенту коробочную услугу – ремонт «под ключ» по готовому дизайн-проекту. Компания выполняет все работы по дизайну и ремонту жилого помещения. Клиент въезжает в чисто отремонтированную квартиру, где нет только кухни, мебели, предметов декора и пр. Стоимость ремонта в ООО «БЭЙС2» в среднем составляет от 550 тыс. руб. (квартира-студия, 30 кв. м.) до 1500 тыс. руб. (3 к. квартира, 80 кв. м). Потребители ООО «БЭЙС2» – это жители Санкт-Петербурга и области с высоким уровнем дохода; преимущественно, это – новаторы и гедонисты, они ценят своё время, свободу, комфорт, и готовы платить за это деньги.

Для планирования системы коммуникаций были выделены три стратегические группы потребителей компании: потенциальные клиенты, т.е. те, кто только планирует ремонт, находится на стадии выбора подрядчика, сравнивает предложения на рынке и, возможно, совсем ничего не знает о нашей компании; текущие активные клиенты, т.е. те, кто уже сделал выбор в пользу ООО «БЭЙС2», находится на стадии выбора дизайн-проекта, подписания договора или непосредственно в процессе ремонта и затем принятия квартиры; текущие пассивные клиенты, т.е. те, кто уже завершил активное взаимодействие с компанией, принял отремонтированную квартиру, занимается её наполнением, находится на стадии пост-ремонтного обслуживания (один-два года после окончания ремонтных работ, т.е. гарантийный период).

Данная классификация позволит точно определить задачи для каждой группы и грамотно выбрать инструменты коммуникаций.

Исследование конкурентной среды на рынке строительно-ремонтных услуг Санкт-Петербурга и области показало, что у потребителя существует множество альтернатив при выборе подрядчика, таких как: частные мастера, ремонтные компании, ремонт с дизайнером, ремонт от застройщика, сервисы пре-ремонта. В соответствии с этим была проанализирована деятельность ряда организаций, а именно: ремонтные компании (АтлантРемонт, Бригада Ремонта, ВашДом, РемСтарт, СтройСтарт, Ютта, и др.), сервисы пре-ремонта (Квадрим, Сделано, Идея Плюс, FIX Ремонт,), застройщики, предлагающие услуги по ремонту (Лемминкяйнен, Ленстройтрест, ЛСР, Реновация, ЮИТ, Pioner). Компании для анализа отбирались по следующим критериям: нахождение сайта компании на первых страницах поисковых систем (Яндекс, Google), упоминания в аналитических статьях на профильных сайтах, ведение рекламной деятельности. Сделаны следующие выводы:

– рынок перенасыщен, практически отсутствуют общеизвестные бренды;

– рынок является сложным для потенциального клиента, потребитель не видит разницы между компаниями и зачастую решающим фактором при выборе выступает цена;

– многие компании предлагают широкий перечень услуг и легко подстраиваются под запросы потребителей, но при этом не всегда могут обеспечить высокое качество работ;

– новый подход к созданию пространства – это сервисы пре-ремонта, малоизвестные на исследуемом рынке; при этом стоимость их работ значительно выше, чем у других подрядчиков, значит можно говорить о различных сегментах потребителей;

– для клиента, выбирающего сервис пре-ремонта, главным фактором является не цена, а то, кто и как делает ремонт, из каких материалов, как происходит взаимодействие и т.д.;

– большинство компаний на строительно-ремонтном рынке не занимается активным продвижением и построением сильных брендов.

Следуя поставленным задачам, был проведен SWOT-анализ ООО «БЭЙС2», позволивший выявить следующие проблемы: отсутствие регулярной полноценной коммуникации с целевыми аудиториями и, как следствие, несформированный имидж. Данные факторы препятствуют развитию компании на рынке и при ряде угроз даже могут ей навредить. Чтобы этого избежать, необходимо сформировать систему коммуникаций, которая поможет создать положительный имидж и завоевать доверие целевых аудиторий.

Таким образом, в долгосрочном плане *стратегия* коммуникационной деятельности компании включает следующие «шаги»: сформировать спрос на новую услугу, занять лидерскую позицию в нише сервисов пре-ремонта, сформировать устойчивый положительный образ компании в сознании потребителей.

Выводы и рекомендации. Прежде чем говорить о тактический действиях в вопросе формирования системы коммуникаций ООО «БЭЙС2», на основании проведенного анализа было определено, какие задачи будут решать коммуникации и с помощью каких инструментов (табл. 1). Выбор инструментов осуществлялся исходя из поставленных задач и возможностей компании.

Таблица 1. Инструменты коммуникаций

Целевые аудитории	Задача	Инструменты
1. Потенциальные клиенты	Информирование	Контекстная и таргетированная реклама, SEO, доски объявлений (сайты поиска подрядчиков)
	Формирование предпочтения / завоевание доверия	Контент-маркетинг, PR (публикации в СМИ), повышение usability сайта компании
2. Текущие активные клиенты	Поддержание доверия / постоянный контакт	Контент-маркетинг, личная продажа (персональный менеджер), корпоративная почта, мобильная связь
3. Текущие пассивные клиенты	Поддержание доверия / напоминание	Контент-маркетинг, e-mail маркетинг, SMS-рассылка, PR

На основе проведенного ранее анализа маркетинговой деятельности компании и в соответствии с выбранными инструментами был сделан вывод, что выстраивать систему коммуникаций компании на строительно-ремонтном рынке Санкт-Петербурга и Ленинградской области целесообразно по четырем, определенным ранее, блокам и проводить следующую работу в направлении налаживания коммуникации с потребителями.

Прежде всего, *активизировать продвижение в сети Интернет*. В целях привлечения потенциальных клиентов, формирования предпочтения и повышения уровня доверия у клиентов необходимо полноценно использовать социальные сети (ВКонтакте, Инстаграм)

для прямого общения с потребителями: генерировать контент исходя из «болей» целевых аудиторий компании. Для этого рекомендуется использовать в социальных сетях следующие рубрики: «О компании и команде», «Этапы работы», «О партнерах», «О материалах», «Разрушение стереотипов о ремонте», «FAQ» и т.д. Кроме того, в сети Интернет необходимо внести информацию о компании на сайты выбора подрядчиков, а также в сервисы Яндекс.Карты, GoogleMaps и 2Gis; регулярно проводить рекламные кампании в Интернете для повышения информированности и привлечения потенциальных клиентов на сайт и на страницы компании в социальных сетях: контекстная (в т.ч. поисковая и геоконтекстная) и таргетированная реклама.

В работе со СМИ необходимо устанавливать доверительные взаимоотношения с журналистами, как печатных, так и онлайн СМИ для сотрудничества и регулярных публикаций. Публикации в СМИ повышают значимость компании в глазах потребителей, а также уровень доверия к компании. Мы предлагаем задействовать как специализированные СМИ: Inmyroom, Houzz, Питер-Дизайн, так и деловые, и общегородские: Деловой Петербург, Эксперт Северо-Запад, Vc.ru. Публикации могут быть как узко тематическими, так и более глобальными. Руководитель ООО «БЭЙС2» может выступать в качестве эксперта: рассказывать о тенденциях рынка, о своем опыте и особенностях работы в данном бизнесе, о компании; давать комментарии относительно изменений в отрасли. В целом же, цель работы со СМИ – наладить тесный контакт с журналистами и в течение года выйти на одну-две публикации в месяц. Для этого необходимо: подготовить руководителя компании в качестве эксперта-ньюсмейкера; написать пресс-портрет; создавать информационные поводы для статей (например, история успеха руководителя компании, реализация нового интересного проекта, внедрение новых технологий на строительно-ремонтный рынок и т.д.); разослать пресс-релиз в интересующие СМИ для знакомства с журналистами.

Немаловажное значение имеет *личное взаимодействие с клиентом*: не оставлять без внимания ни один комментарий на официальных страницах компании в социальных сетях (особенно вопросы и негативные замечания). Использовать единый домен для всех электронных почт, с которых ведется общение с потенциальными и текущими клиентами. Внедрять персонализацию в общении с потребителями через Интернет (фото сотрудников, подписи с ФИО и иной информацией и т.д.) в целях повышения доверия. При взаимодействии с потребителями через электронную почту сохранять электронные адреса и формировать базу для рассылок.

Представляется продуктивным и использование возможности *оффлайн-продвижения/оформления пространства*. Учитывая расположение офиса компании и специфику петербургских дворов и нумерации домов важно установить навигацию на улице вблизи офиса компании. Использовать визитки для всех сотрудников компании, чтобы увеличивать охват и повышать узнаваемость, а также лояльность сотрудников. Использовать сувенирную продукцию с элементами фирменного стиля: ручки, карандаши, блокноты, брелоки для ключей.

Коммуникативная эффективность разработанных рекомендаций, в первую очередь, заключается в достижении поставленной цели, а именно: получение бесперебойно функционирующей системы коммуникаций с целевыми группами компании, что должно поспособствовать привлечению внимания целевых групп, формированию положительного имиджа, созданию со временем сильного бренда, отстройке от конкурентов, укреплению позиций на рынке, занятию лидерских позиций в своей нише и повышению спроса на услуги компании.

Одним из важнейших показателей коммуникативной эффективности предложенных инструментов является охват. Предложенные рекомендации позволили спрогнозировать охват рекламы на 30 дней в поисковых системах: Яндекс.Директ спрогнозировал 34 250 показов и 376 кликов; Google – 55 000 показов и 1900 кликов. Бюджет на рекламу во

ВКонтакте определен из расчета оплаты «за клики» и получения не менее 1500 переходов в месяц. Охват через СМИ полностью зависит от количества публикаций, в среднем одна статья в каждом из предложенных электронных СМИ набирает от 2000 до 3500 просмотров в течение первых суток после размещения. Экономическая эффективность разработанных рекомендаций заключается в росте объема продаж и увеличении прибыли компании. Затраты на реализацию предложенных рекомендаций первоначально составят около 300 тыс. руб., а затем сократятся в два раза и не будут превышать 7 % от ежемесячной прибыли компании.

Таким образом, предложенные рекомендации являются эффективными, позволяющими ООО «БЭЙС2» сформировать комплексную коммуникацию, направленную на выстраивание доверительных отношений с целевыми аудиториями компании и минимизацию их страхов и «болей», а также могут применяться различными компаниями строительно-ремонтного рынка для формирования системы коммуникаций с целью создания положительного имиджа и завоевания доверия целевой аудитории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обухова Ю.О., Евсеева Л.И., Танова А.Г. Новые технологии коммуникации в восприятии современного человека // Теория и практика общественного развития. 2017. № 12. С. 43–47. DOI: 10.24158/tipor.2017.12.9.

2. Тростинская И.Р., Сафонова А.С., Покровская Н.Н. Профессионализация образования в цифровой экономике и коммуникативные компетенции // Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. Издательство: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина) (Санкт-Петербург). 2017. Т. 1. С. 35–37.

3. Мусиева П.А. Особенности маркетинговых коммуникаций в сфере услуг [Электронный ресурс] // КиберЛенинка – научная электронная библиотека. – URL: https://cyberleninka.ru/article/v/osobennost-marketingovyh-kommunikatsiy-v-sfere-uslug. – (дата обращения: 01.10.2019).

4. Статистика [Электронный ресурс] // Строительный Петербург. – URL: http://komstroy.spb.ru/stats/?month=&year=2017. – (дата обращения: 07.10.2019).

5. Обзор рынка: ремонтно-строительные услуги [Электронный ресурс] // Рекламное агентство Апельсин. – URL: https://apelsin-reklama.ru/rynok-stroitelno-remontnyh-uslug/. – (дата обращения: 07.10.2019).

УДК 94(47)

М.А. Ганин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОМАНДИРОВКИ СОВЕТСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ КАК СПОСОБ ИЗУЧЕНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА В ОБЛАСТИ СУДОСТРОЕНИЯ В СССР В 20–30-Е ГГ. XX ВЕКА

В рамках настоящей статьи рассматриваются вопросы влияния зарубежного опыта на развитие судостроительной промышленности Ленинграда в 1920–1930-х гг. XX века. Следует отметить, что развитие отечественной промышленности, а также сотрудничество СССР с зарубежными странами в указанный исторический период являются предметом изучения многих современных авторов. Среди последних работ можно отметить монографии Лосика А.В., Мезенцева А.Ф., Минаева П.П., Щербы А.Н. [1], Алексеева Т.В. [2], Ульяновой С.Б. [3], статью Макеевой Е.С. [4] и ряда других исследователей. Вопросам технического сотрудничества СССР с Западными странами посвящены монография Шпотова Б.М. [5], статья Станкевича Н.А., Федулова С.В. [6] и работы некоторых других авторов.

Обращает на себя внимание тот факт, что большинство из перечисленных работ посвящено военной тематике. В результате за рамками исследований оказались важнейшие

вопросы, связанные с развитием гражданского судостроения и модернизацией имеющихся на тот момент в стране судостроительных мощностей. При этом нельзя не отметить, что значительную роль в решении данных вопросов сыграл зарубежный опыт.

Цель исследования – изучение архивных документов, посвященных вопросам, связанным с командировкой советских специалистов заграницу в 1925 году, анализ результатов их работы и определение ее роли в развитии отечественного судостроения.

Исследование проблем влияния зарубежного опыта на развитие отечественной промышленности, в том числе и судостроительной, является актуальной научной задачей в условиях, когда нашей стране необходимо в кратчайшие сроки найти новые драйверы роста экономики и развития технологий. В этом плане исторический опыт может быть использован при решении задачи определения моделей взвешенного, прагматичного сотрудничества с иностранными государствами в национальных интересах.

Методология исследования основана на междисциплинарных подходах истории науки и техники. Автор использует экстерналистский подход, показывая развитие технического сотрудничества СССР с зарубежными странами в контексте социальных потребностей общества, запросов государства и пр.

В 1925 году перед Государственным судостроительным трестом (далее – Судотрест) была поставлена задача срочного осуществления в крупном масштабе широких заданий по коммерческому и военному судостроению. В этой связи Правление Судотреста приняло решение об организации поездки комиссии советских специалистов в Германию, Францию и Италию для посещения передовых судостроительных заводов и верфей. В состав Комиссии вошли управляющий Балтийским заводом Коршунов К.Н., технический директор Балтийского завода Скорчеллети В.К., заведующий техническим бюро Северной Верфи Сперанский А.В., помощник главного механика Балтвода Малинин Б.М. и главный корабельный инженер Прохоров А.Н. от Правления Судотреста. Для оказания консультационной помощи Комиссии также был привлечен русский научный агент профессор Крылов А.Н., который в период с 1925 по 1927 гг. находился в длительной заграничной командировке [7, л. 13–13 об.].

Как следует из материалов архивных документов Комиссия отбыла в командировку 1-го октября 1925 года и вернулась из командировки 23-го декабря 1925 года. Таким образом, заграницей советские специалисты провели чуть менее трех месяцев [7, л. 99].

Перед Комиссией был поставлен широкий круг задач, о котором мы можем узнать из письма Правления Судотреста Председателю Севзаппромбюро от 16 июля 1925 года № 1730/с. В соответствии с ним в задачи Комиссии входило:

1. Выявление и возможно полное изучение новейших типов военных и вспомогательных к ним судов, их тактических и судостроительных элементов, качественного и количественного значения в общей схеме вооруженных сил, а равно и перспектив их ближайшей возможной эволюции.

2. Изучение позднейших типов подводных судов, их элементов, системы двигателей, типов аккумуляторных установок, вспомогательных механизмов, вентиляции, вооружения, управления, комплектации.

3. Изучение проблемы двигателей на современных военных судах/ современные паровые турбины, двигатели внутреннего сгорания, котлы высокого давления, контрпропеллеры и пр.

4. Ознакомление с новшествами в области судовых систем и устройств на военных судах (противогазовая защита, газовая атака, вентиляция без доступа воздуха извне, жирокомпасы, рули «Леттнера», электрификация судовых вспомогательных механизмов, современные типы прожекторов, их установка и управление, радиостанции, судовая сигнализация, радиоуправление и т.п.).

5. Ознакомление в области средств нападения и защиты военных судов (современная артиллерия, минные орудия, броня, система бронирования, дробление подводной части корпусов на отсеки и т.п.).

6. Ознакомление с современными типами коммерческих судов, близкими к типам, намеченным программой Совторгфлота, и изучение деталей, их оборудования и снабжения.

7. Специальное обследование постановки заграничного дизелестроения и выяснение условий приобретения лицензии на постройку дизелей на заводах треста, а также приобретения первых комплектов дизелей.

8. Изучение вопроса о применении электросварки при судо- и машиностроении.

9. Обследование судо- и машиностроительных заводов с точки зрения организации производства, его рационализации и специализации.

10. Ознакомление со специальным оборудованием заводов для новых отраслей производств и судостроении.

11. Изучение и выбор лучших образцов оборудования судов и заводов.

12. Ознакомление с новейшими материалами, идущими в современное судостроение и приобретение образцов таковых для исследования здесь.

13. Установление предварительных соглашений с выбранными солидными заграничными фирмами по вопросу технического сотрудничества и консультации, допуске цехового персонала треста к детальному изучению интересующих процессов производства на заводах этих фирм.

14. Приобретение специальной литературы по интересующим Судотрест вопросам [7, л. 10–10 об.].

Несмотря на ограниченность по времени, членам Комиссии удалось осмотреть множество предприятий (только в Германии и Италии они посетили около 30 судостроительных заводов и верфей) [7, л. 128]. Кроме того, советским инженерам удалось побывать на предприятиях, расположенных в Дании (например, «Бурмейстер и Вайн» в Копенгагене), что не входило в первоначальные планы [7, л. 191]. В результате этих осмотров Комиссия сложила определенное мнение, как нужно оборудовать судостроительные заводы, какие механизмы главные и вспомогательные являются наилучшими для коммерческих и военных кораблей, с какими фирмами следует заключить договорные условия на предмет консультаций и на предмет приобретения лицензий на право постройки двигателей, турбин и др. механизмов [7, л. 126].

Имеющийся в материалах архивных дел стенографический отчет докладов инженеров Скорчеллетти В.К., Малинина Б.М., Сперанского А.В. и Прохорова А.Н. перед Правлением Судотреста о заграничной поездке от 30 марта 1926 года предоставляет нам обильную информацию о тех наблюдениях, которые сделали члены Комиссии за время своего пребывания заграницей. В своих докладах они затронули чрезвычайно широкий круг вопросов, наибольшее внимание уделив изучению зарубежного опыта в области судостроения, а также вопросам переоборудования отечественных судостроительных заводов и организации на них эффективного производства.

Прежде всего следует обратить внимание на особую классификацию судостроительных заводов, которую использовали члены Комиссии в рамках своих докладов. Инженер Скорчеллетти В.К. разделил все осмотренные заграничные заводы на две группы: на заводы судостроительные, имеющие все необходимые цеха для постройки судна полностью со всеми механизмами, и новые заводы, имеющие только одни судостроительные цеха, получающие все механизмы и снаряжения от специальных заводов. Группу первых заводов он предложил называть заводами автономными, а вторую – заводами неавтономными, зависимыми от других заводов. Скорчеллетти В.К. также отметил, что в рамках Судотреста есть заводы обоих типов. К первой группе относился Балтийский завод, который мог строить

как коммерческий, так и военный корабль полностью со всеми механизмами. Ко второй группе относились Северная верфь и завод им. А. Марти [7, л. 128–129].

На примере верфи «Дейтше Верфт», которая по своей сути являлась монтажным заводом, получавшим все необходимые ресурсы и комплектующие от других предприятий, Скорчеллетти В.К. пришел к выводу о высокой эффективности такого способа организации производства. В частности, в рамках своего доклада он привел заявление директора «Дейтше Верфт» о том, что у его верфи есть большие преимущества перед всеми остальными предприятиями, а именно: 1) быстрота работы, так как заказ по получении его сейчас же распределяется на специальных заводах концерна; 2) дешевизна работы вследствие снижения накладных расходов, так как монтажные цеха имеют обычно небольшие накладные расходы.; 3) более легкое техническое администрирование, так как техническая мысль работает в одном направлении, не распыляясь по разнообразным отраслям производства. Вместе с тем, он отмечал, что успехи «Дейтше Верфт» во многом определялись удачным подбором заводов, входящих в состав концерна, что позволило ей не испытывать проблем с поставками даже в самые сложные для Германии годы [7, л. 131–132]. Обеспечить такой же уровень взаимодействия ленинградских верфей с предприятиями, не входившими в состав Судотреста, на тот момент объективно не представлялось возможным. В этой связи предпочтительным для нашей страны вариантом стало развитие отечественных верфей в автономные заводы.

Данная позиция нашла свое отражение в резолютивной части доклада инженера Прохорова А.Н., который выдвинул ряд предложений по дальнейшему развитию Ленинградских судостроительных заводов: 1) Привести Балтийский завод к типу автономного модернизированного судостроительного завода для крупного морского и военного судостроения и судоремонта, а также для постройки подводных судов; 2) наметить план рационального развития Северной Верфи в автономный завод; 3) превратить завод им. А. Марти в автономный завод, который сможет стать базой для постройки малых моторных судов военного, промыслового, подсобного и спортивного назначения; 4) модернизировать Невский завод и создать на основе его надежную базу для обслуживания первых трех заводов паровыми поршневыми механизмами, как главными, так и вспомогательными, судовыми паровыми котлами, крупными стальными поковками и отливками, прокатной корабельной и котельною сталью; 5) организовать собственное морское дизелестроение на базе Балтийского завода и Северной Верфи; 6) установить стальное литье для мелких и средних отливок на Балтийском заводе и Северной Верфи; 7) обеспечить Балтийский завод, Северную Верфь и завод им. А. Марти плавучими доками грузоподъемностью в 3–6 тысяч тонн; 8) установить на всех судостроительных заводах подсобные производства, выбор которых должен базироваться на аналогичности побочных работ основному производству [7, л. 183–187].

Как мы видим, предложения Комиссии, относительно переоборудования судостроительных заводов и организации на них эффективного производства носили комплексный характер. Многие из них удалось воплотить в жизнь. Так, 13 января 1926 года завод им. А. Марти вышел из подчинения Балтийскому заводу. Затем к получившему самостоятельность предприятию был присоединен находившийся на консервации завод им. Карла Либкнехта (бывший Франко-Русский), но без меднопрокатного и трубного производств. Таким образом, был сформирован автономный завод, одной из основных задач которого в дальнейшем стало строительство малых моторных судов. Предприятие смогло не только успешно приступить к строительству различных барж, буксиров лесовозов и рефрижераторов, но и возродить на своих мощностях военное судостроение [8, с. 13].

Ряд реконструктивных мероприятий удалось реализовать в годы первой пятилетки, а именно: строительство новых чугунолитейного, сталелитейного и арматурного цехов на Балтийском заводе, слипа для спуска траулеров (дополнительно к двум продольным

железобетонным стапелям, построенным еще в восстановительный период) и деревообрабатывающего цеха на Северной верфи, котельного цеха, главного магазина (склада) и специального цеха № 17 для постройки торпедных катеров из легких сплавов на ленинградском заводе им А. Марти [9, с. 37]. В 1929–1931 гг. на Ленинградской верфи железобетонного судостроения был построен первый советский плавучий док, который имел подъемную силу 4000 т. [9, с. 82].

Подводя итоги, можно констатировать, что работа Комиссии оказала большое влияние на развитие отечественной судостроительной промышленности. Были получены важные сведения об устройстве передовых зарубежных судостроительных заводов и о моделях организации производства на них. Это сделало возможным подготовку целого перечня рекомендаций по развитию судостроительных предприятий города Ленинграда.

Реализация на практике данных рекомендаций позволила нашей судостроительной промышленности в кратчайшие сроки выйти из глубокого кризиса. Началось активное строительство гражданского и военного флота. В целом объем судостроительного производства по заводам морского судостроения увеличился в 1932 году в 2,56 раза по сравнению с 1928 годом при годовых темпах роста около 20 % [9, с. 37]. Основы, заложенные в этот период, позволяют нашей стране и сейчас оставаться одними из мировых лидеров в области морского судостроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лосик А.В., Мезенцев А.Ф., Минаев П.П., Щерба А.Н. «Отечественный военно-промышленный комплекс в XX – начале XXI века. Историография проблемы». Монография. В 3 ч. – СПб.: Медиа Стайл, 2014. – 539 с.

2. Алексеев Т.В. Промышленность Ленинграда – Красной Армии. Разработка и производство промышленностью Ленинграда средств связи для РККА в 1920–1930-е годы. – Саарбрюкен, 2011. – 234 с.

3. Ульянова С.Б. «То на скаку, то на боку». Массовые хозяйственно-политические кампании в петроградской/ленинградской промышленности в 1921–1928 гг. / С.Б. Ульянова; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2006. – 529 с.

4. Макеева Е.С. Освоение природно-ресурсного потенциала Ленинградской области на рубеже 1920-1930-х гг.: факты и их теоретическое осмысление. Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2016. № 4(100). С. 94–99.

5. Шпотов Б. Американский бизнес и Советский Союз в 1920–1930-е гг. Лабиринты экономического сотрудничества / Б. Шпотов. – М.: Либроком, 2013. – 320 с.

6. Станкевич Н.А., Федулов С.В. «Создание и развитие системы военно-технического сотрудничества Российской империи, СССР с Западными странами в 1890–1950 годы». Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2016. № 651. С. 233–239.

7. ЦГА СПб. Ф.Р‑2195 оп. 171 д. 75.

8. Александров В.Л. Адмиралтейские верфи. Люди, корабли, годы. 1926–1996. – СПб.: Изд-во Гангут, 1996. – 392 с.

9. Грибовский В.Ю., Нарусбаев А.А. История отечественного судостроения. В пяти томах. Т. 4: Судостроение в период первых пятилеток и Великой Отечественной войны 1925–1945 гг. – СПб.: Судостроение, 1996. – 560 с.

УДК 343.98

А.Е. Бушуева, Э.Д. Гусейнова, С.Ю. Косарев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОДОРОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД КАК СПОСОБ ДОКАЗЫВАНИЯ ПО УГОЛОВНЫМ ДЕЛАМ

С развитием общества и технологий совершенствуются не только криминалистические методы решения задач уголовного судопроизводства, но и способы совершения преступлений и сокрытия их следов, что стимулирует поиск новых и развитие, усовершенствование старых криминалистических средств, способствующих собиранию и исследованию доказательств.

Успех в борьбе с преступностью в определенной степени зависит от качества научных исследований в этой сфере. Эффективное расследование преступлений может осуществляться лишь при его надлежащем криминалистическом обеспечении [1, с. 6].

Одним из сравнительно недавно появившихся является метод криминалистической одорологии (ольфактроники), также нередко называемый «экспертизой запаховых следов».

Основоположником данного метода по праву следует назвать основоположника криминалистики Ганса Гросса, который полагал, что животных (собак) можно и нужно использовать в расследовании преступлений. Родоначальником криминалистической одорологии в нашей стране принято считать А.И. Винберга, опубликовавшего в 1965 г. совместно с другими авторами статью, посвященную этой проблеме. Одновременно был «изобретен» прибор для отбора запаха, каковым в действительности являлась обыкновенная банка с крышкой [2, с. 74–75].

Криминалистическая одорология – это отрасль криминалистической техники, изучающая механизм и закономерности образования запаховых следов, а также разрабатывающая приемы и методы их выявления, фиксации, изъятия, исследования и использования в целях решения идентификационных и диагностических задач в процессе расследования преступлений [3, с. 370].

Запахи, или запаховые следы, в свою очередь, представляют собой соединения различных видов химических пахучих веществ, производимых в результате испарений и выделяемых в окружающее пространство. Сама по себе криминалистическая одорология базируется на положениях о том, что запаховый след каждого человека является уникальным и неповторимым ввиду разнообразия органических кислот, которые производит организм; они могут быть собраны, сохранены, обработаны и использованы для идентификации определенного человека, а также для решения поставленных перед одорологической экспертизой вопросов; исследование основывается на неповторимости запахового следа каждого отдельно взятого индивида (человека), а именно его источников, которыми выступают обычно пот и кровь.

Значимость запаховых следов для решения задач уголовного судопроизводства определяется тем, что запаховое следообразование происходит непрерывно и продолжается до тех пор, пока существует источник запаха и условия его получения.

Поскольку запаховые следы образуются в результате непосредственного контакта различных объектов с непрерывно источающим источником – телом человека, пахучие вещества можно отбирать с тела человека, предметов его одежды, обуви, других принадлежащих ему вещей, предметов, с которыми он контактировал, в частности с орудий преступления, из воздуха помещений, где источник запаха (человек) находился и др.

Носителями запаха являются и человеческие выделения (кровь, моча, сперма), а также отделившиеся от тела чешуйки кожи и отдельные волосы.

Для правильного определения возможных мест присутствия объектов-запахоносителей и запаховых следов, необходимо моделировать поведение преступника на месте преступления, обращая особое внимание на места длительного его пребывания [4, с. 248].

Обозначим следующие специфические особенности криминалистических одорологических исследований:

- применяются отраслевые специализированные знания о кинологии (наука о собаках) и взаимодействии с обученными собаками;

- исследование проводится специалистами-зоологами в сфере кинологии, а также экспертами-криминалистами;

- исследование (экспертиза) проводится в целях установления обстоятельств уголовного дела.

Российские суды все чаще при осуществлении правосудия прибегают к использованию результатов одорологической экспертизы.

Так, например, Краснооктябрьский районный суд Волгограда при вынесении приговора № 1-366/2017 от 28 ноября 2017 года по делу № 1-366/2017 сослался на одорологическую экспертизу запаховых следов, изъятых с орудия убийства, с образцами крови подсудимого. Индустриальным районным судом Барнаула в 2018 году при рассмотрении дела № 1-545/2018 также использовалась экспертиза запаховых проб подсудимого и трупа [5].

В современной криминалистике существуют две основные точки зрения относительно криминалистической одорологии.

Первая состоит в том, что ее результаты являются достоверными, в результате чего допускается их использование в качестве доказательств.

Другой, более осторожной точки зрения придерживаются иные авторы, утверждающие, что нельзя полностью доверять результатам подобных исследований.

К тому же на сегодняшний день отсутствует четкое разграничение дефиниций «экспертиза запаховых следов человека» и «кинологическая выборка» (является ли она видом криминалистической идентификации?). И, если первая дефиниция означает процессуальное действие, то природа второй, согласно действующему российскому уголовно-процессуальному законодательству, неизвестна [6, с. 148].

В настоящее время научный и практический интерес к одорологии не ослабевает. Все больше в практике встречаются случаи назначения подобного рода исследований. Проведение таких исследований осуществляется с соблюдением принципов и положений уголовно-процессуального законодательства Российской Федерации, регламентирующих, в частности, вопросы назначения, производства и процессуального значения судебных экспертиз. В основе судебных одорологических исследований, использующих современные приборы и инструментальные методы (ольфактронические методы), лежит возможность регистрировать спектр летучих веществ, определяющих запах, в том числе отдельные компоненты запаховых выделений человека, с последующей документальной записью его в виде, поддающемся математической обработке. Выступая как один из видов доказательств, заключение эксперта по одорологическому ольфактроническому исследованию оценивается и проверяется наряду с другими доказательствами.

Впрочем, думается, что, помимо производства судебно-одорологических экспертиз, одорологический метод мог бы найти свое практическое применение при производстве такого следственного действия как кинологический эксперимент (может быть предложно другое название), при котором объектом наблюдения будет являться поведение служебной собаки.

Участие кинолога при его проведении должно быть минимизировано (его следует сводить только к даче собаке команд на выборку из числа нескольких предъявляемых объектов и возвращение в исходное положение). При этом необходимо исключить воздействие на собаку всех внешних раздражителей. В целях избегания упреков в

возможном нарушении прав человека путем унижения человеческого достоинства собаке можно «предъявлять» не самих людей (подозреваемых, обвиняемых, других участников уголовного судопроизводства), но материальные объекты-запахоносители с запахом этих лиц, в качестве которых могут выступать любые предметы материального мира, не отличающиеся, однако, по своему внешнему виду, что будет гарантировать выборку именно по запаху. Собака должна «работать» без поводка, кинологу не следует даже приближаться к объектам выборки. При этом объекты выборки целесообразно постоянно менять местами. Участие в такого рода эксперименте нескольких собак только повысит доказательственное значение этого следственного действия.

Особенный интерес кинологический эксперимент вызывает в связи с тем фактом, что собаки никогда не «ошибаются», чему имеются многочисленные свидетельства, в том числе в литературе [7, с. 248–263].

Однако кинологический эксперимент при всем его значении для следственной практики потребует внесения соответствующих изменений и дополнений в действующее уголовно-процессуальное законодательство (в виде дополнения положений действующей статьи 181 или новой статьи 181-1 УПК РФ).

Готов ли к этому законодатель?

Таковы наши взгляды на кинологические проблемы современной криминалистики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косарев С.Ю. История и теория криминалистических методик расследования преступлений. – СПб.: Издательство Р. Асланова «Юридический центр Пресс», 2008. – 495 с.

2. Безруков В., Винберг А., Майоров М., Тодоров Р. Новое в криминалистике // Социалистическая законность. 1965. № 10. С. 74–75.

3. Аверьянова Т.В., Белкин Р.С, Корухов Ю.Г., Российская Е.Р. Криминалистика: учебник для вузов / под ред. Р.С. Белкина. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство НОРМА, 2019. – 990 с.

4. Криминалистика / Под ред. д-ра юрид. наук, проф. В.А. Образцова. – М.: Юристъ, 1997. – 760 с.

5. Судебные и нормативные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://sudact.ru/regular/doc/PhQ005G5yodn/.

6. Абрамова С.Р., Григоренко А.С. Криминалистическая одорология и проблемы ее использования в раскрытии и расследовании преступлений / С.Р. Абрамова, А.С. Григоренко // Юридические науки, правовое государство и современное законодательство: сборник статей IV Международной научно-практической конференции. г. Пенза, 10 февраля 2018 г. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2018. – С. 147–149.

7. Крылов И.Ф. В мире криминалистики. – Л.: ЛГУ, 1980. – 278 с.

УДК 343.8

А.М. Кондукова, Д.А. Мохоров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕСТУПНОСТЬ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ ЛИЦ: ПРЕДПОСЫЛКИ, ПРОБЛЕМЫ И ИХ ПУТИ РЕШЕНИЯ

На сегодняшний день преступления, совершаемые несовершеннолетними лицами, не являются исключением. Непосредственно преступность несовершеннолетних лиц берет истоки из «первичного» детства, где закладываются базовые основы, что такое «хорошо» и что такое «плохо», а также формируется психологический портрет и состояние ребенка. То есть, запускается процесс формирования личности посредством институтов социализации, которые, в свою очередь, оказывают особое значение в становлении личности. Каждый поступок, независимо от того, думаем ли мы о нем, имеет свои предпосылки, именно

поэтому необходимо понимать, что толкает несовершеннолетних лиц на совершение преступлений. Преступность – форма социального поведения людей, нарушающая нормальное функционирование общественного организма. Из всех присутствующих в нашем государстве нарушений, преступность является наиболее опасной для общества. Стоит разобраться, что представляет собой преступление. Статья 14 Уголовного кодекса Российской Федерации закрепляет легальное определение преступлению, согласно которой «преступлением признается виновно совершенное общественно опасное деяние, запрещенное Уголовным кодексом Российской Федерации под угрозой наказания [1]. Преступность среди несовершеннолетних лиц является традиционным объектом криминологического исследования. Стоит обратить внимание на то, что согласно действующему Уголовному кодексу Российской Федерации, уголовная ответственность для лиц, не достигших восемнадцати лет, наступает с четырнадцати лет. Процессы становления и развития рыночной экономики, демократизации и общественной жизни непосредственно отразились на криминологической обстановке в среде несовершеннолетних. Особое значение в преступлениях, совершаемых несовершеннолетними лицами, является социальный и психологический фактор. Именно поэтому понятие преступления нельзя рассматривать только с правовой стороны, необходимо также учитывать криминологический аспект. *Актуальность* исследования обусловлена тем, что на сегодняшний день, несмотря на то что количество преступлений, совершаемых, несовершеннолетними лицами уменьшилось (согласно статистике, в 2017 году – 42504 преступлений, в 2018 году – 40860 преступлений, с января по август 2019 года – 24132 преступлений), все же цифра остается огромной. Для того, чтобы бороться с преступностью несовершеннолетних лиц, предупреждать ее и проводить профилактические меры, прежде всего, необходимо понимать причины и предпосылки к совершению преступлений и непосредственно предупреждать совершение преступлений на этапе взросления. От того какие перспективы развития, на сегодняшний день, будет иметь исследуемая проблема, во многом зависит состояние и тенденция преступности в будущем, а также в целом – нравственный климат в обществе. И на основе этих знаний необходимо принимать меры по предупреждению преступлений, совершаемых несовершеннолетними лицами.

Согласно статье 87 Уголовного кодекса Российской Федерации, несовершеннолетними признаются лица, которым ко времени совершения преступления исполнилось четырнадцать, но не исполнилось восемнадцати лет. Преступность несовершеннолетних лиц можно выделить в самостоятельную категорию преступности, обусловленную личностью преступника, в основе поведения которого лежат эгоцентрические мотивы и неустойчивая психика, а также социальное окружение. Стоит обратить внимание на то, что марксистско-ленинские учения, закрепленные на оценке преступности, основывались на том, что преступление, как явление, не существует независимо от реального мира, в котором сосуществуют люди, поскольку оно социально обусловлено [2]. Исходя из этого, криминология изучает не все преступления в совокупности, а именно одно конкретное преступление, анализируя при этом психологическую и моральную характеристику человеческого действия, и соединяет ее с социологическим аспектом.

Как было уже сказано, преступность – явление социально-правовое, и поэтому имеет свои причины и предпосылки. Среди причин преступности несовершеннолетних лиц, прежде всего, необходимо выделить социально-негативные явления и процессы. Социально-негативные явления и процессы, воздействуя на подростка, формируют у него определенное поведение. В силу того, что подростковая психика достаточно неустойчива, в некоторых случаях социально-негативные явления и процессы могут приводит к отрицательному результату. Такие явления могут формировать в несовершеннолетнем лице криминогенную личность, для которой характерна утрата интереса к учебе, равнодушие к семье, равнодушие к проблемам окружающих, искажение нравственного и правового сознания. Помимо этого,

не менее важное внимание необходимо уделить уже выше упомянуты, возрастным особенностям. Рано или поздно все указанные предпосылки начинают действовать и приводят к преступному механизму, когда воспитание и контроль над несовершеннолетними лицами, а также их социализация осуществляется недостаточно или вовсе не осуществляется. Данная халатность со стороны родителей, воспитателей, педагогов ведет к возникновению безнадзорности или к возникновению конфликтных ситуаций, которые перерастают в систематическое нахождение несовершеннолетнего лица в конфликтном состоянии. В совершении преступлений несовершеннолетними лицами играют роль иные факторы, к которым относятся: отрицательное или негативное влияние семьи, отрицательное или негативное влияние в учебном процессе, длительное отсутствие определенных знаний у несовершеннолетних лиц, которые оставили учебу, подстрекательство со стороны взрослых преступников, недостатки воспитательно-учебной работы, а также недостатки в организации досуга несовершеннолетних лиц.

Несовершеннолетние преступники, в силу возрастных особенностей, совершают противоправные деяния как акт самоутверждения, самореализации. При отсутствии необходимого внимания для положительного становления несовершеннолетнего лица, последний находит круг общения такой же возрастной категории (иногда выбирает возрастную категорию старше, показывая тем самым свою значимость) и того же психического состояния, в котором он себя комфортно ощущает и получает все необходимые эмоции. Однако, как правило, такие группы подростков враждебно настроены к тем, кто хорошо учится, соблюдает учебную дисциплину, уважает взрослых, не употребляет табачной и алкогольной продукции. Они хотят показаться взрослыми и видят только сторону «храбрости» и «смелости». Внимание стоит обратить и на поведение взрослых, которые воспринимают акты детской агрессии и моменты реализации делинквентного поведения несовершеннолетних лиц, как способ обратить на себя внимание, а также воспринимают их действия как детские шалости. Значительная часть правонарушений, совершаемых несовершеннолетними лицами, рассматривается окружающими как проявление возрастной незрелости, озорства. Такие действия, выраженные в отсутствии реагирования, могут привести к негативным последствиям, а именно к формированию у несовершеннолетних лиц устойчивых привычек и стереотипов относительно антиобщественного поведения [3]. Например, демонстрация пренебрежения к общепринятым нормам поведения, побеги из дома, агрессия в отношении окружающих, употребление спиртных напитков.

На наш взгляд, под преступностью несовершеннолетних лиц следует понимать социально-негативное и общественно опасное явление, выражающееся в противоправных действиях (преступлениях) несовершеннолетними лицами, в возрасте от четырнадцати до восемнадцати лет. Стоит отметить, что некоторые авторы в своих работах, освещая криминологическую сторону преступности несовершеннолетних лиц, акцентируют внимание на том, что несовершеннолетние лица бывают достаточно жестоки. Это может проявляться как в отношении подростков друг к другу (оскорбления, унижения по различным основаниям, драки), так и в совершении непосредственно самого правонарушения или преступления.

Кроме того, наряду с рассмотренными нами предпосылками к совершению преступлений несовершеннолетними лицами, также стоит уделить внимание иным (второстепенным) причинам. Так, Горячко Р.В. в своей работе рассматривает причины совершения противоправных деяний несовершеннолетними лицами, среди которых выделяет: состояние алкогольного или наркотического опьянения, необходимость в деньгах, желание доказать себе и окружающим, что «я это могу, назло всем» [4].

Преступность несовершеннолетних лиц обладает особой опасностью, поскольку именно несовершеннолетние лица являются основным резервом пополнения взрослой и

рецидивной преступности. Видится, что справиться с проблемой преступности несовершеннолетних лиц можно. Для этого необходим комплекс мер, направленных на совершенствование ювенальной системы. Это законодательные, исполнительные и общественные процессы. То есть, реализация и исполнение деятельности государственных учреждений, и их взаимосвязь с общественными организациями, деятельность которых осуществляется на основе законоположений и процессуальных норм, по совместной работе с несовершеннолетними правонарушителями.

Борьба с преступностью начинается с профилактики и предупреждения, и должна начинаться тогда, когда психологическое состояние подростка дает основание полагать, что его личность формируется в сторону делинквентного. Однако необходимо заметить, что нравственное и общеправовое воспитание – начало всего. Нравственное воспитание должно исходить, прежде всего, от семьи. Именно семья несет ответственность за процессы становления несовершеннолетнего лица, на семье лежат задачи относительно вменения ребенку положительных устоев и формирования правомерного поведение в обществе. Если же говорить об общеправовом воспитании, то необходимо, чтобы подростку объясняли, что такое преступление и его последствия. В случаях, когда несовершеннолетнее лицо воспитывается в детском доме или интернате, данная функция должна возлагаться на сотрудников данных учреждений. Исходя из вышесказанного, в целях профилактики и предупреждения противоправного поведения, а также совершения преступлений несовершеннолетними лицами, видится целесообразным закрепление нормы на уровне федерального законодательства об обязательной работе психолога в каждом социальном учреждении, осуществляющем образование и воспитание несовершеннолетних лиц. К таким учреждениям мы относим: школы, учреждения дополнительного образования (например, школы искусств и другие учреждения, осуществляющие образование по различным секциям, кружкам), детские дома и интернаты.

Это помогло бы на ранних этапах выявлять и предупреждать преступность несовершеннолетних лиц.

Обращаясь к опыту зарубежных стран, видится целесообразным совершенствование в Российской Федерации ювенальной юстиции. На сегодняшний день ювенальная юстиция в Российской Федерации находится в зачаточном состоянии, хотя данный вопрос открыт с 1990-х годов. Если обратиться к ювенальной юстиции в зарубежных странах, то можно сделать вывод, что данная система существует достаточно успешно [5]. Ювенальная юстиция – специальная правовая основа системы по защите прав и законных интересов несовершеннолетних лиц. Так, законодательство Италии закрепляет норму о ювенальном суде, который может применить к несовершеннолетнему лицу четыре меры воздействия, три из которых являются альтернативными по отношению к мере наказания в виде лишения свободы. Ювенальный суд, как правило, использует все альтернативные меры с целью недопущения помещения несовершеннолетнего лица в тюрьму. Первая мера – признание правонарушения пренебрежительно незначительным. Вторая мера – суд может дать положительное судебное решение, когда правонарушителю, за совершенное преступление, назначается наказание до двух лет лишения свободы, и когда возможно утверждать, но он не совершит повторного преступления. Третья мера – досудебная пробация (приостановление судебного разбирательства не определенный срок). В этот период несовершеннолетние лица посещают занятия психолога, реабилитационные и образовательные программы. И только в случае, когда невозможно применить к несовершеннолетнему лицу три альтернативные меры, применяется четвертая – лишение свободы.

Таким образом, исходя из сложившейся ситуации, полагается, что преступность несовершеннолетних лиц – самостоятельная категория преступности, обусловленная личностью преступника, в основе поведения которой лежат эгоцентрические мотивы и неустойчивая психика, а также социальное окружение. Для того чтобы решить данную

проблему необходимо, чтобы меры предупреждения преступлений, совершаемых несовершеннолетними, проводились на различных уровнях социализации, в отношении различного контингента подростков. Видится целесообразным развитие и совершенствование ювенальной юстиции, главной целью которой выступают усилия, чтобы сберечь личность ребенка и помочь ему реабилитироваться в случае неотвратимости наказания за совершенные преступления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уголовный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 13.06.1996 № 63-ФЗ: офиц. текст по состоянию на 29 июля 2017 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 31.07.2017. – № 31. – Ст. 4743.

2. Демидова-Петрова Е.В. О преступности несовершеннолетних и ее особенностях / Е.В. Демидова-Петрова // Вестник Казанского юридического института МВД России. – 2014. – № 4(14). – С. 52–57.

3. Филиппова Е.О. Несовершеннолетняя преступность как объект криминологического исследования / Е.О. Филиппова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(52). – С. 258–260.

4. Горячко Р.В. Групповая преступность несовершеннолетних лиц / Р.В. Горячко, В.Г. Громов // Проблемы науки. – 2017. – № 11(24). – С. 58–60.

5. Гусейнов А.Б. Профилактика правонарушений несовершеннолетних за рубежом / А.Б. Гусейнов // Теория и практика общественного развития. – 2010. – № 3. – С. 186–189.

УДК 343.983.22

И.В. Латышов [1,2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2] Санкт-Петербургский университет МВД России

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

Развитие судебных, в том числе и криминалистических экспертиз, в числе прочего, определяет интеграция передовых достижений естественных и технических наук, разработка технико-криминалистических средств и методов экспертных исследований. При этом характерной чертой последних десятилетий является создание для криминалистической техники и оборудования программного обеспечения, направленного на решение прикладных задач. Не является исключением и технические средства, предназначенные для проведения сравнительных исследований.

Следует сказать, что метод сравнения широко востребован при производстве судебных экспертиз [1, с. 72–74; 2, с. 175–191; 3, с. 105–106 и др.]. С учетом вида экспертного исследования, особенностей объекта, а также характера решаемых задач эксперт использует соответствующие образцы криминалистической техники и приемы сравнения.

Как показывает практика производства криминалистических экспертиз, наибольшую сложность вызывает сравнение морфологических особенностей малых по размерам следов, что требует применения специальных образцов криминалистической техники – микроскопов сравнения криминалистических, позволяющих одновременно наблюдать в поле зрения окуляров или на экране персонального компьютера два объекта.

Экспертно-криминалистические подразделения МВД России, судебно-экспертные учреждения Министерства юстиции, иных министерств и ведомств в своей практической деятельности используют микроскопы сравнения криминалистические отечественного (МСК 3-1, МСКК и др.) или зарубежного производства (LEEDS Discovery Zeiss, Пеленг

МС-3 и др.). Это позволяет решать задачи отождествления огнестрельного оружия по его следам на пулях и гильзах, идентифицировать орудия взлома по их следам на преградах и пр.

Однако анализ технических характеристик известных к настоящему времени микроскопов сравнения криминалистических дает основание говорить и о существенной проблеме их использования на практике, вызванной отсутствием прикладных компьютерных программ, обеспечивающих проведение сравнительных исследований.

Все это негативно сказывается на эффективности экспертных исследований, порождает случаи обращения к программным продуктам общего характера [4, с. 50–56], не учитывающих в полной мере специфику сравнения объектов криминалистических экспертиз – следов оружия на пулях и гильзах, динамических следов орудия взлома и др.

Важно также, что в практической деятельности по производству криминалистических экспертиз, а также при подготовке судебных экспертов в образовательных организациях не формируется культура работы с компьютерными программами, позволяющими выделять трасологически значимые для идентификации участки следов, проводить их измерение, маркировку. При этом, разработка программ существенно бы расширила познавательные возможности судебного эксперта, повысила качество и результаты исследования.

К решению задачи по созданию такой программы были привлечены специалисты различных областей научных знаний и практики – инженеры, конструкторы, программисты, криминалисты.

Базовой моделью для разработки программного обеспечения стал микроскоп сравнения криминалистический МСК 3-1 производства АО «ЛОМО» (г. Санкт-Петербург) (рис. 1).



Рис. 1. Микроскоп сравнения криминалистический МСК 3-1

Результатом творческого сотрудничества конструкторов АО «ЛОМО» с ведущими учеными-криминалистами Санкт-Петербургского университета МВД России, сотрудниками ООО «СДЦ инжиниринг» (г. Санкт-Петербург) стало создание программного обеспечения для микроскопа МСК 3–1.

Оно позволяет:

– загружать от одного до четырех изображений одновременно для их визуального просмотра;

– проводить масштабирование изображений, приведение их к одному масштабу, поворот на заданный угол, синхронизацию изображений при их одновременном просмотре и сравнении;

– использовать дополнительные фильтры резкости, контрастности, теней, рельефа;

– проводить угловые и линейные измерения следов на изображениях и их взаимного расположения;

– проводить сравнительный анализ совпадения следов на изображениях с использованием функций «Калька», «Шторка», «Рельеф», «Шаблон следов»;

– проводить сравнение в многооконном режиме;

– создавать комментарии по исследуемым изображениям, по совпадениям или сходства следов на изображениях с отметкой мест совпадения;

– сохранять все проведенные измерения на изображениях, а также созданные комментарии в базах данных;

– загружать из баз данных изображения в окно интерфейса для проведения дополнительного анализа и сравнения с новыми изображениями объектов;

– сохранять данные по объекту (фабула объекта);

– сохранять сведения о времени проведения записи изображений и проведения сравнительного анализа;

– сохранять данные по местам хранения объектов;

– сохранять изображения объектов и дополнительных следов на объекте в соответствующих разделах баз данных: пуля, гильза, патрон, оружие, дополнительные объекты;

– сохранять данные, связанные с эпизодом преступления или с уголовным делом;

– сохранять данные по иным объектам и следам, обнаруженным на месте преступления, включая фото и видео изображения;

– сохранять координаты места преступления с возможностью отображения на карте местности;

– использовать справочную информацию по видам и образцам патронов, клеймам на оружии и на гильзах;

– подключать дополнительные справочные материалы;

– предоставлять возможность сетевого подключения к базам данных;

– проводить поиск по заданным параметрам и критериям в базах данных (рис. 2–5).

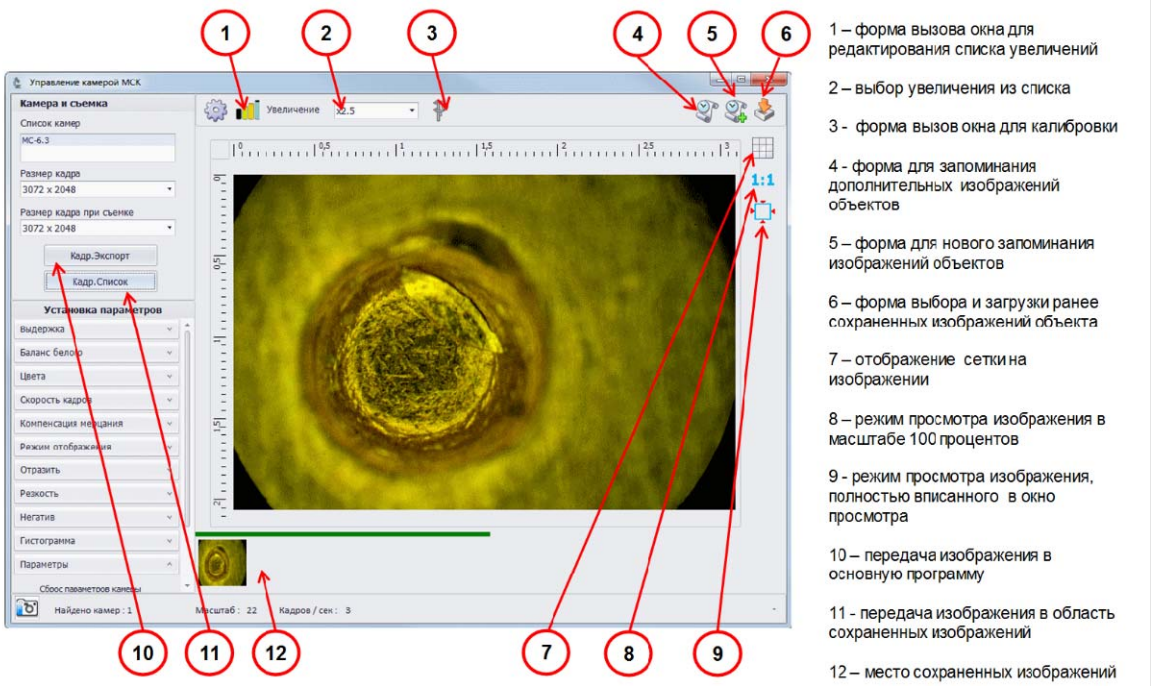


Рис. 2. Основное окно установки параметров съемки микроскопа МСК 3-1

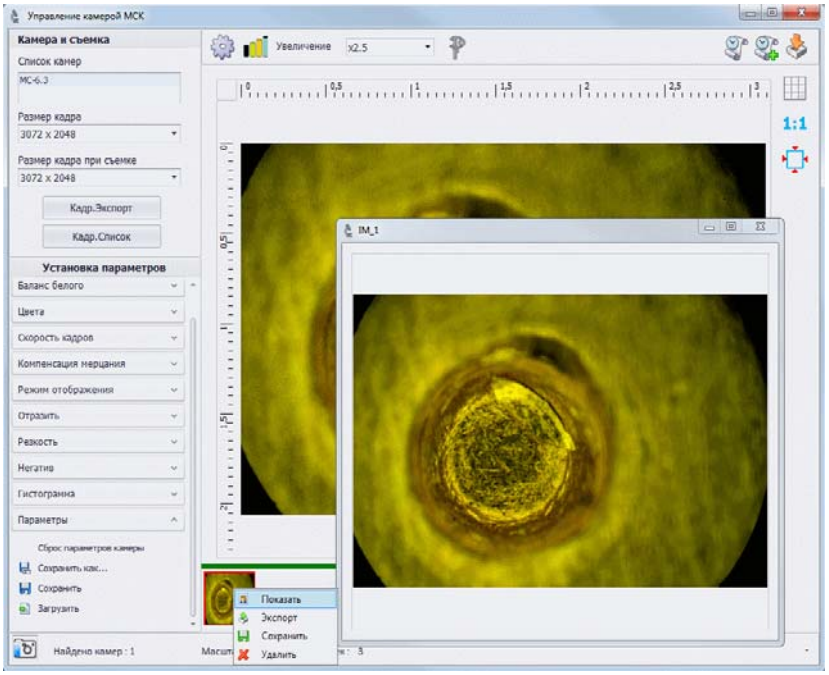


Рис. 3. Дополнительное меню для просмотра полученных изображений

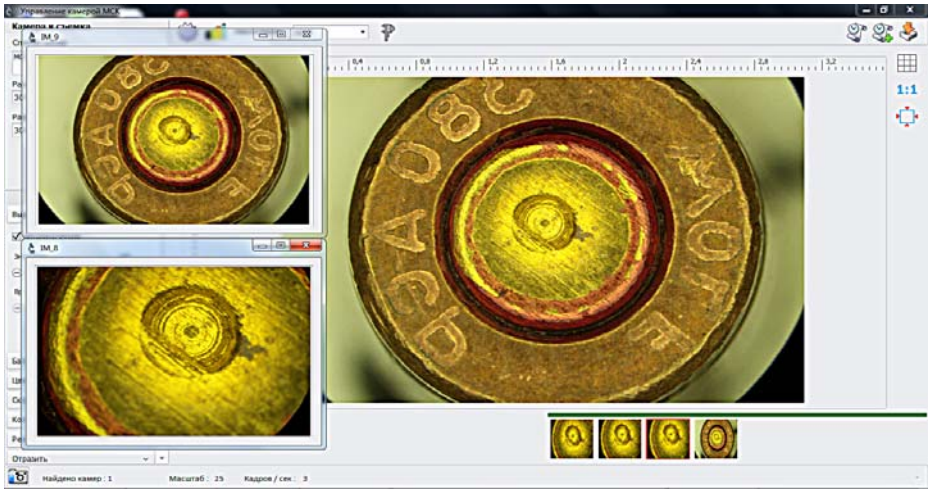


Рис. 4. Изображения следов оружия на донной части гильзы, полученные на микроскопе МСК 3-1

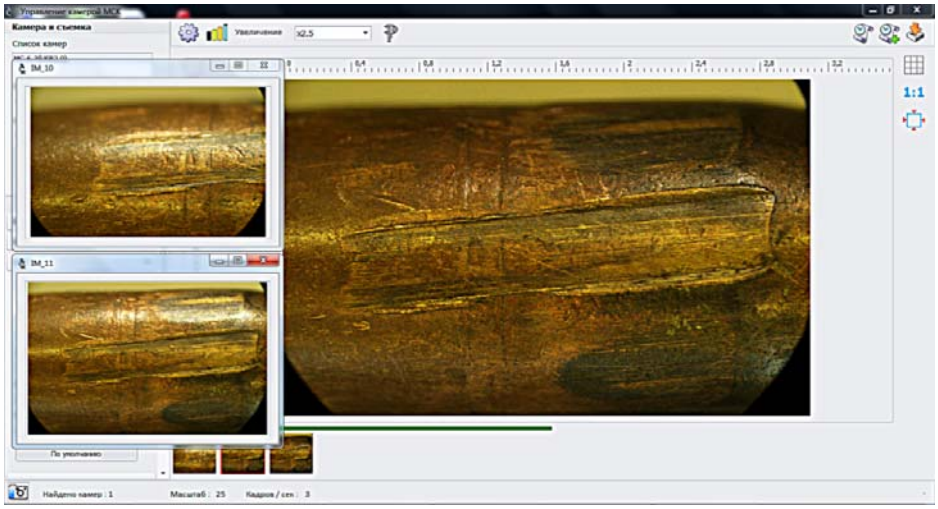


Рис. 5. Изображения следов полей нарезов канала ствола оружия на выстреленных пулях, полученные на микроскопе МСК 3-1

Проведенная на базе Санкт-Петербургского университета МВД России апробация программного продукта показала его эффективность, а избранная форма творческого взаимодействия науки и практики дала свои положительные результаты.

Таким образом, использование разработанной для микроскопа МСК 3-1 программы позволит более полно обеспечить потребности современной экспертной практики, будет способствовать процессу раскрытия и расследования преступлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грановский Г.Л. Методы судебно-трасологической экспертизы // Методы экспертных криминалистических исследований: сборник научных трудов. – М.: ВНИИСЭ, 1977. – С. 68–112.

2. Аверьянова Т.В. Содержание и характеристика методов судебно-экспертных исследований. – Алма-Ата, 1991. – 231 с.

3. Россинская Е.Р., Галяшина Е.И., Зинин А.М. Теория судебной экспертизы (судебная экспертология): учебник / Под ред. Е.Р. Россинской. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Норма: ИНФРА-М, 2018. – 368 с.

4. Латышов И.В., Бардаченко А.Н. Возможности использования программы «Микроанализ View» при экспертном исследовании следов нарезного огнестрельного оружия на выстреленных пулях // Судебная экспертиза. – № 3 (35). – 2013. – С. 50–56.

УДК 343.9

А.А. Матюхов, А.Ю. Рождественский
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕЦИЗИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ ПОДПИСИ В ПОЧЕРКОВЕДЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

Судебное почерковедение является традиционным разделом криминалистики, объединяющим систему знаний о почерке и методах его исследования в целях решения идентификационных, диагностических и ситуационных задач судебно-почерковедческой экспертизы [1, с. 4].

Почерк – это зафиксированная в рукописи система привычных движений, в основе которой лежит письменно-двигательный навык [2, с. 5].

Подпись можно определить, как собственноручно выполненное полное или частичное графическое изображение фамилии, имени, отчества конкретного лица или условное графическое начертание в виде письменных знаков, не образующих букв, нанесенное на документ в удостоверительных целях [1, с. 144].

Изучение почерка основывается на традиционной методике исследования общих и частных признаков почерковой реализации, разработанной и принятой еще в СССР. Данная методика является ключевой для почерковедов отечественной почерковедческой научной школы.

Несмотря на большой опыт использования традиционной методики исследования почерка, она несет в себе элемент субъективности. Почерковед самостоятельно, исходя из своего понимания теории общих и частных признаков исследования почерка, изучает конкретную почерковую реализацию и делает выводы.

Необходимо использование методов, способных увеличить объективность исследования почерка.

В современных условиях считаем перспективным и многообещающим предложить новый метод идентификации подписи, основанный на ее фрактальной размерности. Используя его совместно с классической методикой исследования подписи, можно добиться

повышения достоверности результатов за счет привлечения объективного, основанного на физических данных, способа.

Проблема автономной идентификации подписи широко изучалась различными учеными и научными группами. Были разработаны различные методы идентификации, основанные на выявлении некоторых полезных и общих характеристик, которые постоянно существуют в разных подписях одного и того же лица, и на основе этих функций проверка того, является ли подпись подделкой или нет. Экспериментальные результаты таких методов показывают, что показатели успеха для английских подписей и китайских подписей составляют 91,71% и 93% соответственно [3]. В данной статье мы рассматриваем подпись, как единый объект для изучения, что является отличием от вышеупомянутой классической методики изучения общих и частных признаков.

В исследуемом методе мы рассматриваем траекторию кончика пера пишущего прибора, которая подчиняется математическим уравнениям, благодаря которым можно вычислить фрактальную размерность Минковского. Этот параметр отличается для оригинальных и намеренно фальсифицированных подписей, что позволяет надежно различать подписи, оставленные разными лицами. Предлагаемый подход вместе с машинным обучением является потенциально мощным инструментом для идентификации и проверки подписей и любых других видов обозначений.

Любая надпись или подпись, оставленная человеком, может рассматриваться как годограф вектора (траектория движения конца вектора) положения ручки, который приводится в действие апериодической силой чьей-либо руки. Можно рассматривать такую траекторию как движение точки на плоскости. Если внешняя сила случайна, то это движение можно описать двумя дифференциальными уравнениями второго порядка в четырехмерном фазовом пространстве координат и скоростей. Эти уравнения также являются нелинейными, поэтому поиск решения для них, как для замкнутых траекторий без каких-либо дополнительных параметров, представляет почти неразрешимую задачу.

Однако существуют методы решения данной проблемы. Одним из таких методов является использование фракталов. Это геометрические объекты с дробной размерностью пространства Минковского, тогда как обычные кривые имеют целочисленную размерность Минковского. Этот параметр определяет тип поведения в различных хаотических моделях нелинейной динамики, финансовых рынках и прочих.

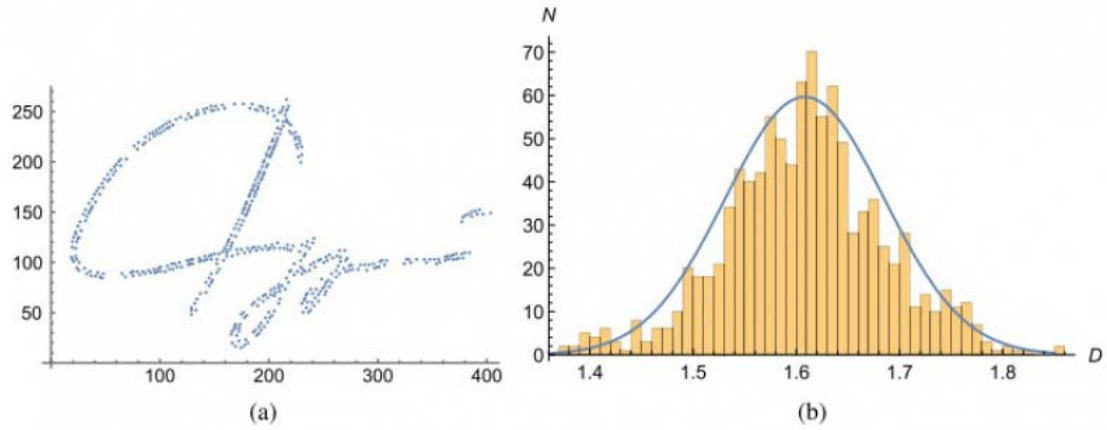


Рис. 1. Пример дискретизированного образца подписи (а) и распределение значений размерности Минковского, рассчитанного для 70 различных образцов (б) [4]

Посредством сечения (отображения) Пуанкаре мы можем рассмотреть дискретную динамическую систему координат, т.е. представить исходную траекторию кончика пера, пишущего прибора, как набор точек (рис. 1(а)).

После разбиения кривой (подписи) на точки необходимо вычислить фрактальную размерность данного множества (набора точек). Для этого плоскость разбивается на квадраты. Так как по определению фрактальная размерность является пределом отношения квадратов, в которые попала хотя бы одна точка, ко всем квадратам, при стороне квадрата стремящейся к нулю, то уменьшая сторону квадрата при последовательных разбиениях и подсчитывая отношение квадратов с точками ко всем, мы получим числовую последовательность.

Разбиение будет продолжаться до тех пор, пока в один квадрат будет попадать либо одна точка, либо ни одна. В цифровом приближении таким квадратом является пиксель. Тогда, квадратом с точкой является черный пиксель, а пустым – белый. Предел полученной числовой последовательности и будет искомой фрактальной размерностью. Сравнивая её для оригинальной и фальсифицированной подписи, мы можем определить поддельную [5].

Ручная обработка данным методом имеет производительность примерно 100 подписей в день. В перспективе использование машинных методов и обучаемых нейронных сетей повысит скорость обработки одной подписи до нескольких секунд.

Экспериментально установлено, что при сравнении подписей от имени одного лица подписи различаются, имея естественную вариационность, однако статистика и сам метод дают настолько малую (примерно в третьем знаке) погрешность для размерности отличной от "эталонной", что это не мешает идентификации, т.к. оригинальная подпись от поддельной отличаются, начиная минимум с первого знака после запятой. Таким образом, анализируя полученные данные, было получено, что распределение размерностей Минковского для различных образцов аппроксимируется распределением Гаусса с малой погрешностью (рис. 1(б)).

Большое количество исследований в области автоматической проверки подписи было проведено с частными наборами данных. Это затрудняет сравнение результатов исследований, поскольку повышение эффективности можно отнести к более эффективному методу или просто к более чистой или более простой базе данных. В последнее десятилетие, однако, несколько подписанных наборов данных были публично доступны для исследовательского сообщества, чтобы устранить этот пробел [4].

Задача, которую авторы ставят перед собой на данном этапе исследования, заключается в создании и наработке статистической базы, способствующей реализации метода и его дальнейшему изучению.

Целью работы авторского коллектива является создание и успешная апробация программного кода, способного эффективно исследовать конкретную почерковую реализацию, используя метод фрактальной размерности Минковского.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почерковедение и почерковедческая экспертиза: Курс лекций // Издание пятое. Под ред. В.В. Серегина. – Санкт-Петербург: МВД России, НПСЭП, 2015. – 229 с.

2. Винберг Л.А., Шванкова М.В. Почерковедческая экспертиза // Волгоград: Высшая следственная школа, 1977. – 174 с.

3. Deng P.S., Liao H.Y.M., Ho C.W., & Tyan H.R. (1999). Wavelet-based offline handwritten signature verification. – Computer vision and image understanding, 76(3), 173–190.

4. Hafemann L.G., Sabourin R., & Oliveira L.S. (2017). Offline handwritten signature verification-literature review. – 2017 Seventh International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA) (pp. 1–8). IEEE.

5. Rudyi S.S., Vovk T.A., Rozhdestvensky Y.V. Signature identification by Minkowski dimension. – Chaos. 2019. Vol. 29. No. 5. p. 053110.

УДК 340.13

А.О. Зернов, В.Н. Снетков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРАВО И ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ КЛАССИФИКАЦИИ ЮРИДИЧЕСКИХ НОРМ

Право представляет собой многофункциональный инструмент регулирования общественных отношений, так как именно для права характерно обеспечение исполнения норм посредством принудительной силы государства в сравнении с другими регуляторами социальных отношений, многофункциональный характер и возможность объективной реализации которых зависит от конкретной социальной сферы, в которой их возможно реализовать, а вернее, от субъектов, которые подчиняться в силу автономного выбора соответствующим предписаниям. Нормы права или юридические нормы предназначены для регламентации публичных и, безусловно, частных интересов различных субъектов, для которых право посредством правила поведения или отправного установления допускает наличие таких интересов. Дух и смысл права, состоящий во многом материализацией идей о гуманизме, справедливости и свободе, предрешает цель присутствия права в жизни общества – достижение всеобщей согласованности интересов различных субъектов социальных отношений. В результате упорядочивания юридическими нормами общественных отношений возникают правоотношения, которые являют собой надстроечное явление, в основании которого располагается детерминированный индивидуальными интересами экономический базис.

В настоящее время сложились разнообразные подходы к детерминированию понятия право (С.С. Алексеев [1, с. 25], А.В. Малько [2, с. 98], В.Н. Снетков [3, с. 182]), что расценивается нами в положительном аспекте на том основании, что выражение дифференцированных точек зрения определяется постоянным воздействием различных жизненных условий и обстоятельств. Множественность теория предоставляет возможность исследовать такой феномен, как право в состоянии относительного покоя и в состоянии движения, которое, в свою очередь, может быть, как прогрессивным, так и регрессивным; таким образом, есть возможность констатировать положительное влияние на нормотворчество в связи с тем, что наличие плюрализма научных взглядов, в рамках которых рассматривается дефиниция права с различных точек зрения: история явления или признаки и характерные черты.

Множественность подходов к понятию право, естественно, порождает совокупность отрицательных черт, наличие которых не может оказывать позитивного воздействия на верховенство правопорядка и законности – политико-правовых явлений особого рода. Во-первых, многообразие теоретических воззрений в высшей степени отрицательно влияет на нормотворческую деятельность, потому что сформированное в результате воздействия противоречивых воззрений применительно к толкованию понятия права как социально-государственного явления правосознание является предпосылкой к созданию юридических норм, практическая применимость которых вызывает множество вопросов. Отсутствие единой системы взглядов на право подрывает легитимность формальной определенности как одного из главных признаков права, а, следовательно, становится сомнительным и такой признак, как общеобязательность; таким образом, плюрализм точек зрения относительно определения понятия право не может способствовать укреплению правового порядка и законности, которые базируются на широком распространении высокого уровня правовой культуры, то есть возникают многообразные коллизии и злоупотребления.

На сегодняшний день объективно нет возможности выработать единый взгляд на определение дефиниции право в связи с тем, что существовавшие в прошлом типы общества, а также настоящее постиндустриальное общество во многом различно толкуют право; единая

общая дефиниция права не в состоянии вобрать в себя всю системную совокупность характеристик, которые присущи праву; идеальная конструкция понятия права, с большой долей вероятности, будет практически не применимым в связи с тем, что любая идеальная конструкция, в большинстве случаев, трудно приспосабливаема к объективной реальности.

Таким образом, феномен – право и набор признаков, которые характеризуют данное явление, по нашему мнению, можно считаться основой, детерминирующей необходимость проведения классификации юридических норм по различным основаниям. Классификация юридических норм крайне важна для общественной жизни, поскольку критерии, лежащие в основе любой классификации, в первую очередь направляют нормотворческую деятельность, а значит определяют и всю правоприменительную практику. Следовательно, именно от критериев классификации норм зависит наличие демократического цельного общества, которое может характеризоваться обеспеченностью законности и правового порядка.

Вопросы, связанные с изучением природы и сущности юридических норм в романо-германской правовой системе, весьма актуальны, поскольку основным источником права является нормативный правовой акт. Критерии классификации юридических норм оказывают существенное воздействие на весь механизм правового регулирования в связи с тем, что реализация функций права в конкретном правоотношении зависит от классифицированного вида соответствующей юридической нормы.

М.Н. Марченко определяет юридическую норму как «исходящее от государства, охраняемое общеобязательное формально-определенное предписание, выраженное в виде правила поведения или отправного установления и являющееся государственным регулятором общественных отношений» [4, с. 388]. Норма – составная юридическая конструкция, являющаяся государственно-властным предписанием в абстрактной форме, в связи с чем особую актуальность приобретает вопрос классификации юридических норм. Безусловно, существенной является не сама по себе классификация юридических норм, а критерии, которые заложены в основу классификации, поскольку критерии классификации юридических норм во многом определяют направление регулирования тех или иных общественных отношений.

В словаре С.И. Ожегова критерий трактуется как «мерило оценки, осуждения» [5], а в словаре С.А. Кузнецова как «признак, на основании которого производится оценка, определение и классификация чего-либо» [6], то есть критерий есть нечто очевидно обязательное для соответствующей группы. При этом классификация – это «система распределения каких-либо однородных предметов или понятий по классам, отделам и тому подобное на основе определённых общих признаков» [6].

Критерии классификации юридических норм могут выступать: 1) в качестве способа дифференциации, то есть являют собой механизм отграничения нормативного содержания правового регулирования, придавая каждому направлению регулятивного воздействия исключительные черты; 2) в качестве инструмента конкретизации, то есть осуществлять детализацию содержания правового регулирования посредством подробной регламентации элементов того или иного правоотношения; 3) в качестве механизма интеграции, то есть классификация юридических норм будет строиться на началах обобщения содержания правового регулирования. Безусловно, что названные стороны критериев, имея общую природу, тем самым являются взаимосвязанными, поскольку при классификации норм одновременно происходит их обобщение в соответствующую группу норм, которая призвана регулировать те или иные общественные отношения. В рамках такой группы происходит разграничение норм по направленности регулирования, то есть какая норма будет регулировать соответствующую группу элементов общественных отношений, а также конкретизируется регулирование самих элементов.

Всякая классификация юридических норм призвана отграничить данные нормы от прочих социальных регуляторов общественных отношений, то есть критерий классификации должен исходить из собственно правовой среды, поскольку именно он является основанием классификации и средством отграничения юридических норм от иных социальных норм, то есть в известном смысле критерий классификации тем самым делает норму юридической. Безусловно, данное понимание критерия классификации юридических норм не является попыткой замещения признаков, которыми характеризуется юридическое пространство.

Согласно С.С. Алексееву, «виды норм права рассматриваются прежде всего в качестве одного из выражений ее структуры» [1, с. 228], следовательно, критерий как элемент системы обязательно должен быть из собственно правовой среды.

В теории права выделяют несколько обстоятельств, которые по своему сущностному содержанию оказывают существенное воздействие на классификацию юридических норм. К таким обстоятельствам относятся: функции права, специализация права, способы правового регулирования, индивидуальное регулирование общественных отношений [1, с. 229].

Исходя из содержания понятия «право», которое есть не что иное как совокупность, стремящаяся к системе, нормативных установок, опирающихся на идеи человеческой справедливости и свободы, выраженная большей частью в действующем законодательстве, регулирующем общественные отношения [3, с. 182], можно выделить первый критерий классификации юридических норм, а именно, разделение норм в зависимости от специально-юридических функций права на регулятивные и охранительные. Данный критерий классификации является наиболее фундаментальным, поскольку дальнейшие критерии классификации юридических норм будут тем или иным образом связаны с функциями права.

В теории права функция права «это основные направления правового воздействия, выражающие роль права в упорядочивании общественных отношений» [2, с. 147]. Такое толкование функции права согласуется с качественными характеристиками критерия классификации юридических норм, при этом в данном случае речь идет именно о специально-юридических функциях, поскольку право выполняет и ряд общесоциальных функций, которые своей природой не имеют правовую среду. Задачей регулятивной функции является организация установления и поддержания обеспечения правил поведения (предписаний); в то время как охранительная функция предназначена для защиты прав, то есть обеспечения возможности реализации субъективных прав с предотвращением негативных последствий. Данная классификация, безусловно, нашла свое отражение в российском законодательстве, поскольку любой нормативный правовой акт – главный источник права в Российской Федерации, имеет в своем содержании регулятивные или охранительные нормы.

Задача регулятивной функции – установление правил поведения – есть явление, носящее динамичный характер, то есть наделение субъектов дифференцированными правами и обязанностями. В зависимости от правила поведения (отправного установления) нормы делятся на обязывающие, запрещающие, управомачивающие [7, с. 54]. Здесь важно отметить, что содержание прав и обязанностей располагается в диспозиции юридической нормы, то есть классификация в данном случае осуществляется в зависимости от характера правила поведения – характера диспозиции юридической нормы, который во многом определяется предписанием. Характер диспозиции юридической нормы как критерий классификации расположен в собственно правовой среде, что предполагает наличие императивного и диспозитивного методов. Такой подход представляется более правильным, поскольку форма есть «способ существования содержания, неотделимый от него и служащий его внешним выражением» [8], то есть способ объективизации предписания.

Существует группа норм, которые не встраиваются в классификацию в зависимости от функции права, но при этом оказывают существенное воздействие как на регулятивные, так и на охранительные нормы. Данную группу норм принято называть специальными [2, с. 84].

Данные нормы являются дополнительными и, как правило, не могут служить нормативным основанием для возникновения правоотношений, в силу этого требуется переосмыслить их статус и дефиниции. Критерием классификации специализированных норм является функция, которую в процессе регулирования будут выполнять те или иные нормы. Классифицируя специальные нормы в зависимости от их функции, следует учитывать их общность и высокую степень абстракции [8]. В соответствии с названным критерием мы можем перечислить следующие виды норм: общие, дефинитивные, декларативные, оперативные и коллизионные. Данная классификация также присуща российскому законодательству, поскольку Конституция Российской Федерации есть открытая система общих норм. Конституция России в меньшей степени включает в себя декларативные нормы, которые, как правило, становятся принципами. Как общие нормы, так и нормы-принципы являются исходными положениями для механизма правового регулирования, однако при этом нормы-принципы есть механизм детализации общих норм. Дефинитивные нормы призваны закреплять толкования юридических понятий. Говоря о дефинитивных нормах, необходимо заметить, что они могут быть терминами, которые представлены в различных нормативных правовых актах, а могут быть изложены в иных документах юридического характера [8]. Безусловно, нормы, закрепленные в источниках российского права, будут иметь силу и приоритет перед иными социальными нормами, однако вопрос применимости дефинитивных норм, которые не закреплены в источниках российского права остается открытым. Оперативные и коллизионные нормы для норм, то есть их задача упорядочивание системы правовых норм в целом. Следовательно, представляется целесообразным классифицировать специализированные нормы, в первую очередь, в зависимости от функции, которую они выполняют в механизме правового регулирования, а также от задач, которые порождаются функциями.

Итак, рассмотрев несколько критериев классификации юридических норм, можно утверждать следующее: во-первых, главным критерием классификации юридических норм является специально-юридическая функция права; во-вторых, при классификации регулятивных норм по содержанию подлинным критерием будет являться форма выражения предписания и характер диспозиции соответствующих норм; в-третьих, критерием классификации специальных норм являются задача и порождающая ее функция при том, что необходимо переосмысление теории специальных норм; в-четвертых, классификация юридических норм не может производиться по отраслевой принадлежности, а должна производиться по предмету правового регулирования.

Исследуемые критерии классификации юридических норм носят первичный характер, поскольку именно посредством данных критериев происходит первичное дифференцирование всей совокупности правовых норм, а все дальнейшие критерии классификации будут происходить из уже разделенных групп юридических норм в перспективе их дальнейшего интегрирования с целью устойчивого обеспечения позитивного функционирования системы права.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С.С. Собрание сочинений. В 10 т. [+ Справоч. том]. Том 3: Проблемы теории права: Курс лекций. – М.: Статут, 2010. – 781 с.

2. Малько А.В. Юридический энциклопедический словарь / под ред. А.В. Малько. – 2-е изд. – Москва: Проспект, 2017. – 1136 с.

3. Снетков В.Н. К вопросу о взаимосвязи нравственности и права на современном этапе / В.Н. Снетков // Проблемы права в современной России. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. – С. 179–185.

4. Марченко М.Н. Теория государства и права: учебно-методическое пособие / М.Н. Марченко, Е.М. Дерябина. – 2-е изд. – М.: Проспект, 2017. – 720 с.

5. Толковый словарь Ожегова. – URL: https://gufo.me/dict/ozhegov/критерий (дата обращения 22.09.2019).

6. Большой толковый словарь русского языка. – URL: http://gramota.ru/slovari/info/bts/ (дата обращения 22.09.2019).
7. Бошно С.В. Норма права: понятие, свойства, классификация и структура / С.В. Бошно // Право и современные государства. – 2014. – С. 49–60.
8. Толстик В.А. Проблемы классификации юридической терминологии. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-klassifikatsii-yuridicheskoy-terminologii (дата обращения 22.09.2019).

УДК 343.3/7

Э.А. Сафаров, Д.А. Мохоров, Л.О. Пантела
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КОРРУПЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Актуальность исследования проблем государственного регулирования противодействия коррупции в Российской Федерации заключается в том, что коррупция является существенной системной проблемой, которая характерна для большинства стран мира, в том числе и для Российской Федерации. Несмотря на то, что такое регулирование находится на высоком уровне, оно далеко от совершенства и имеет ряд проблем, которые необходимо решить для более эффективной работы антикоррупционного аппарата.

Целью исследования является рассмотрение актуальных проблем государственного регулирования противодействия коррупции в Российской Федерации, а также формирование и внесение возможных предложений, направленных на их устранение.

Несмотря на сложную и многоуровневую правовую и организационную базу противодействию коррупции, борьба с ней в Российской Федерации носит проблемный характер. Многочисленные исследования показывают, что население России считает борьбу с коррупцией неэффективной, а само явление коррупции непобедимым [1].

Так, например, результаты опроса, проведенного аналитическим центром «Левада-центр» 23–30 августа 2018 года в 52 субъектах Российской Федерации показывают, что коррупция является четвертой по остроте проблемой для населения. Данные по аналогичному опросу среди населения, проведенному 15–20 февраля 2019 года, свидетельствуют о том, что коррупция, как острая проблема, поднялась на одну ступень выше, заняв третье место.

Несмотря на это, бороться с коррупцией люди не готовы. Так, согласно исследованию «Барометр мировой коррупции – 2016», проведенному международной организацией по борьбе с коррупцией «Transparency International» в России, 42% из 1500 опрошенных на вопрос «Могут ли граждане влиять на борьбу с коррупцией» ответили отрицательно. На вопрос «Могут ли граждане сделать хоть что-нибудь, что снизить уровень коррупции» 33 % заявили, что не могут, а 25 % указали, что только посредствам личного отказа дачи взяток.

Следует отметить, что коррупция всегда имеет латентный характер, ввиду чего к результатам исследований следует относиться со скептицизмом. Тем не менее, результаты вышеуказанных исследований свидетельствуют о том, что, хотя население знает о проблеме коррупции и признает её социальную опасность, бороться с ней они не готовы. Причиной этого, по нашему мнению, является слаборазвитая система общественного участия в противодействии коррупции. Хотя действующее законодательство о противодействии коррупции закрепляет необходимость участия институтов гражданского общества в процессе борьбы с коррупцией, на практике их возможности в данной области ограничены [2, с. 15–22]. Так, например, при формировании механизмов антикоррупционного взаимодействия

государственных и муниципальных органов с институтами гражданского общества зачастую возникают следующие проблемы:

– отказ во взаимодействии с представителями общественности по причине наличия охраняемой тайны (закрытость значительного количества органов и организаций в сфере обороны, безопасности, атомной энергетики и тому подобных органов);

– формализованный отбор тех лиц, которые «допускаются» к участию в противодействии коррупции по различным признакам, в том числе по критерию лояльности к государственным институтам, отдельным государственным структурам;

– формальная фиксация позиции представителей общественности по вопросам противодействия коррупции без реального учета их мнения, без проведения расследований по выявленным коррупционным правонарушениям;

– отсутствие необходимости информирования о принятых мерах по тем фактам, которые были выявлены представителями институтов гражданского общества;

– недостаточная компетентность отдельных представителей институтов гражданского общества, в том числе уполномоченных представлять позицию по вопросам применения антикоррупционных мер к подобного рода деятельности.

Проблемы государственного регулирования противодействия коррупции проявляются в отсутствии необходимых понятий в законодательстве [3]. Например, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 15.07.2015 № 364 «О мерах по совершенствованию организации деятельности в области противодействия коррупции» к полномочиям органа по профилактике коррупционных и иных правонарушений субъекта Российской Федерации отнесены вопросы организации в пределах своей компетенции антикоррупционного просвещения. Вместе с тем, законодательстве понятие «антикоррупционное просвещение» не определено. Данная проблема создает проблему правоприменения, так как отсутствие единого понимания просвещения ведет к разному выполнению данной обязанности. Это приводит к тому, что в разных субъектах население получает разный объем антикоррупционной информации [4]. Установление единого стандарта путем законодательного закрепления определения «антикоррупционное просвещение» поспособствует максимизации, получаемой гражданами информации.

Антикоррупционная экспертиза нормативных правовых актов и их проектов имеет ряд проблем. Например, Федеральный закон от 17.07.2009 № 172-ФЗ «Об антикоррупционной экспертизе нормативных правовых актов и проектов нормативных правовых актов» не содержит нормы, регулирующей длительность проверок нормативных правовых актов на наличие коррупциогенных факторов. Отсутствие закрепленного срока не позволяет определить пределы ожидания из органов, проверяющих нормативный правовой акт заключения по результатам антикоррупционной экспертизы, что затрудняет своевременное принятие акта. Также проблемой является отсутствие в указанном Законе, а также в иных нормативных правовых актах антикоррупционного характера отсутствия правовых последствий обнаружения в проверяемых документах коррупциогенных факторов как для самого документа, так и для его автора.

Хотя Российской Федерацией была ратифицирована Конвенция Организации Объединенных Наций против коррупции, статья 20 данного документа не нашла отражение в уголовном законодательстве России. Так, статья 20 Конвенции закрепляет следующее: «при условии соблюдения своей конституции и основополагающих принципов своей правовой системы каждое Государство-участник рассматривает возможность принятия таких законодательных и других мер, какие могут потребоваться, с тем чтобы признать в качестве уголовно наказуемого деяния, когда оно совершается умышленно, незаконное обогащение, то есть значительное увеличение активов публичного должностного лица, превышающее его законные доходы, которое оно не может разумным образом обосновать». Реализация данного положения возможна посредством введения в Уголовный кодекс Российской

Федерации нового состава преступления «Незаконное обогащение» в отношении лиц, обязанных предоставлять сведения о своих доходах и расходах [5].

Следующей проблемой является недостаточная прозрачность государственных органов и органов местного самоуправления. Несмотря на закрепленные в законодательстве принципы гласности деятельности и свободного доступа к информации и деятельности вышеуказанных органов, информация, доступная общественности, является недостаточной [1, с. 173–182]. Для повышения информационной открытости государственных органов и органов местного самоуправления необходимо:

– раскрытие информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления, за исключением случаев, когда такое раскрытие противоречит интересам национальной безопасности Российской Федерации;

– проведение публичных обсуждений наиболее важных проектов подготавливаемых решений;

– расширение представительства гражданского общества в общественной экспертизе социально значимых решений органов государственной власти;

– проведение в целях установления надежной “обратной” связи с получателями государственных услуг комплекса мероприятий, обеспечивающих информирование граждан и организаций о заинтересованности органа государственной власти в выявлении фактов коррупции и привлечении виновных лиц к ответственности;

– включение представителей гражданского общества в коллегии надзорных органов, рабочие группы, другие структуры по подготовке нормативных правовых актов и иных затрагивающих права и законные интересы граждан и организаций решений органов государственной и муниципальной власти;

– обеспечение участия гражданского общества в реформировании системы государственных, в том числе правоохранительных, органов путем выработки рекомендаций и предложений по их реформированию и оптимизации их структур, совершенствованию системы местного самоуправления на основе проводимого мониторинга исполнения государственных и муниципальных функций и предоставления государственных и муниципальных услуг, а также анализа обращений граждан и организаций;

– информирование о реализации совместных проектов органов государственной власти и институтов гражданского общества в сфере противодействия коррупции в целях просвещения общественности.

Подводя итоги, отметим, что имеющиеся проблемы препятствуют не только продуктивной работе государственных и муниципальных органов в рамках противодействия коррупции, но и не позволяют в полной мере осуществлять антикоррупционную деятельность гражданскому обществу. Полагаем, что решение проблем правового регулирования противодействия коррупции должно носить систематичный и комплексный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шедий М.В. Технологии активизации антикоррупционного потенциала российского общества / М.В. Шедий // Среднерусский вестник общественных наук. – 2017. – № 3. – С. 173–182.

2. Ристоленский П.Ю. Правовое регулирование антикоррупционной деятельности государства и общества / П.Ю. Ристоленский // Молодой учёный. – 2014. – № 4. – С. 15–22.

3. Мохоров Д.А. Антикоррупционное просвещение / Д.А. Мохоров // Актуальные проблемы науки и практики. – 2017. – № 4 (009). – С. 18–21.

4. Селютина К.В. Механизмы регулирования конфликтов интересов и недопущения коррупции / К.В. Селютина // Государство и право. – 2017. – № 2. – С. 51–55.

5. Третьяков И.Л. Уголовная политика в системе государственной политики / И.Л. Третьяков // Мир политики и социологии. – 2013. – № 10. – С. 17–32.

УДК 004.041

М.Н. Барек Зой, В.А. Пушкарева, А.А. Тебряев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМА ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ BIG DATA

В данной статье раскрываются особенности практики больших данных в различных организациях, а также возможные проблемы при применении такой технологии. В целом, проблемы связаны с правовым регулированием в Российской Федерации.

Целью работы является выявление существующих проблем, связанных с правовым регулированием Big Data в Российской Федерации.

Актуальность. На сегодняшний день, развитие инновационных технологий достигает небывалой скорости. Одни из таких инструментов – BigData или в переводе с английского «большие данные». Данный термин ввел Клиффорд Линч, являющийся редактором журнала Nature, еще в 2008 году. Своего рода это совокупность методов, позволяющих анализировать значительное количество данных. По состоянию на 2017 год, доход на рынке BigData в мире достигает $50,8 млрд., свидетельствуя о том, что данный показатель вырос на 12,4% по сравнению с предыдущим [1].

Инновации, новые технологии в 21 веке занимают большой пласт нашей повседневной жизни. На данном этапе времени мы встречаемся с ними повсюду, иногда даже не задумываясь об этом. Важность таких разработок очень высока. Существуют такие технологии как:

- Internet of Things (IoT) или Интернет Вещей, объединяющая доступные устройства в единую сеть и позволяющая проводить анализ, сбор данных и т.д.;
- искусственный интеллект (ИИ) – использование компьютеров по типу работы человеческого мозга;
- машинное обучение – подраздел Искусственного интеллекта, позволяющий строить алгоритмы, на основании которых выявляются закономерности, а также алгоритмы, способные обучаться.
- многие другие, в том числе Big Data (Большие Данные).

В Российской Федерации технология BigData применяется в таких сферах как: банки, логистика, государственный сектор, энергетика, телекоммуникация и промышленность. Уже давно стало понятно, что для того, чтобы обработать непрерывно поступающий объем цифровой информации, традиционных методов недостаточно. Так как это занимает большое количество времени, некоторые закономерности человек может и не заметить. Таким образом, данная технология позволяет оптимизировать все сферы нашей жизни.

По данным прогноза Wikibon, ежегодно объем индустрии больших данных увеличивается на 17%, и к 2020 году будет достигать $61 млрд [2].

Основной принцип, по которому обрабатываются Big Data – горизонтальная масштабируемость. Существуют вычислительные узлы, содержащие данные, при этом обработка выполняется без распределения производительности. Фундамент такой работы составляют такие технологии как: NoSQL, MapReduce, Hadoop, R, Аппаратные решения.

Во время упоминания Big Data, речь заходит о правиле VVV, то есть три признака, которыми обладают большие данные. Это:

1. Volume – объем (данная технология предполагает анализ предоставляемого массива данных).
2. Velocity – регулярное обновление данных, соответственно моментальная их обработка.
3. Variety – не определена конкретная структура данных или частично определена, то есть их разнообразие по формату.

Наряду с этим, вопрос с правовым регулированием таких технологий остается открытым. Правительство Российской Федерации планирует обеспечить внесение в реестры результаты оказания абсолютно всех государственных услуг, при этом это будут юридически значимые записи, чтобы органы власти использовали эти данные. После того, как Big Data были введены, многие компании столкнулись с традиционными проблемами. Так, для 51% опрошенных работодателей камнем преткновения стала безопасность [3]. Также причиной отказа компаний от данной технологии является сложность ее получения, с необходимостью хранить базу данных, а также иметь на это законные основания. Прежде, чем покупать Big Data, необходимо проверить контрагента на надежность, при этом сделав это оперативно. В 2018 году в СМИ было множество статей по поводу того, что происходят утечки данных физических лиц, что заставляет людей быть недоверчивыми и неуверенными в сохранности и безопасности конфиденциальности своих данных [4]. Так, от 40% до 60% населения готовы делиться обезличенными данными, но с сохранением уверенности использования больших данных, процент будет расти [5].

Актуально то, что уже сейчас происходит внедрение технологии Big Data в государственные структуры. Так, при поддержке Министерства здравоохранения «Национальная база медицинских знаний» собирается создать единого оператора, где будут храниться биомедицинские данные граждан. Об интеграции инструментов обработки больших данные заявляет Генпрокуратура, которая намерена выполнить это к 2025 году, оценив проект в 4,5 млрд рублей [6]. На ряду с этим происходит подключение Центробанка к диджитализации банковского сектора, при помощи регтеха (Regulation Technologies) и принципа KYD (Know Your Data).

В настоящий момент законодательного регулирования больших данных нет. Они рассматриваются в Федеральном законе от 7 июля 2003 № 126-ФЗ «О связи» в рамках государственной программы «Цифровая экономика». Проект рассчитан сроком до 2024 года, утвержден летом 2017 года, в планах Правительства организация такой группы, которая будет заниматься созданием правовой базы, обеспечивающей безопасность сторон, между которыми возникают отношения касательно больших данных. Инициативу создания и координацию такого коллектива взяла на себя Автономная некоммерческая организация по содействию развитию робототехники и инновационных технологий «ПравоРоботов», объединяющая представителей российского IT-рынка и экспертов в области права [6].

Федеральный закон «О защите персональных данных» от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ и Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», регулирующие обращение с персональными данными физических лиц в целях осуществления конституционного права человека на неприкосновенность частной жизни (ст. 23 Конституции Российской Федерации), может помочь ведущим специалистам создать нормативно-правовую базу, помогающую регулировать отношения, возникающие во время использования больших данных, также как и Федеральный закон «О защите информации».

Всевозможная информация о физическом лице признается персональными данными. Без согласия субъекта таких данных анализ их неправомерен, не считая случаев, когда обработка персональных данных предусматривается законом. Расовая, национальная принадлежность, взгляды на политику, убеждения, касающиеся религии, философии, состояние здоровья – такие данные не могут обрабатываться без предварительного дозволения субъекта персональных данных, если только это не общедоступные сведения [7].

Так, например, российская компания «Яндекс» пользуется технологией, связанной с большими данными, уже с 2012 года, что стало ценной программой для нефтяных компаний «Роснефть», «Statoil» [8]. При помощи этого стало возможно прогнозирование оттоков абонентов для анонимного телеком-оператора, просчета экономичных маршрутов для самолетов, снижение процентов отказа европейских банкоматов. Даже такие продукты как

фильтрация спама, рекламный таргетинг, предсказание пробок стало возможным благодаря использованию больших данных. Позднее появилось подразделение YandexDataFactory, которое базируется на обработке Big Data для участников крупного бизнеса [9].

Чтобы оптимизировать и улучшить качество обслуживание своих клиентов, «Сбербанк» также стал использовать анализ супермассивов данных, что позволяет нивелировать риски и рационализировать издержки, искоренять мошенничество, сегментировать и оценивать кредитоспособность клиентов, управлять персоналом и многое другое. В июле 2015 года, банк привлек «Яндекс» в качестве консультанта по анализу больших данных [10].

Таким образом, можно сделать вывод, что большие данные – передовая технология, позволяющая решить разнообразный спектр задач. Законодателю необходимо сакцентировать внимание не на алгоритме/технологии передачи персональных данных, а на том, как эти данные будут использоваться впоследствии. Но при этом не стоит забывать о неприкосновенности частной жизни гражданина. Доработка ныне существующего законодательства – положительное явление в цифровой сфере, но необходимо создание точечного Федерального Закона. Во избежании монополии использования больших данных, можно предложить введение дополнительных барьеров при приобретении технологии больших данных. Монополизация рынка может быть опасна и тем, что хакерская атака обернётся сливом в глобальную сеть большого количества персональной информации.

Проведенный анализ показал, что законодательство о персональных данных не отвечает современным требованиям в части причинения и регулирования Big Data.

Для того чтобы избежать конфликтных ситуаций с гражданами, разработчики Федерального закона, по нашему мнению, должны грамотно продумать детали регулирования отношений между субъектами больших данных. При этом необходимо предусмотреть всевозможные ситуации нарушения и меры наказания за неисполнение такого закона, четко описав аспекты данных отношений, с учетом зарубежной практики, которая на данный момент успешно справляется с аналогичными задачами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое Big Data: собрали все самое важное о больших данных [Электронный ресурс]. – Rusbase – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://rb.ru/howto/chto-takoe-big-data/.

2. Big Data [Электронный ресурс]. – Wikibon. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://wikibon.org/.

3. Большие данные (Big Data) [Электронный ресурс]. – Tadviser. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: www.tadviser.ru/index.php.

4. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ.

5. Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ.

6. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12.12.1993 (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 5.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ) // Российская газета. – № 6338. – 24.07.2014 г.

7. Государственная программа «Цифровая экономика» [Электронный ресурс]. – Data-economy. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://data-economy.ru.

8. Гражданский кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 30.11.94 № 51-ФЗ (ред. от 18.03.19 г.).

9. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. – «Эксмо», 2016 (Top Business Awards).

10. Современная научная картина мира / Н. Клягин. – Liters, 2016.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ 3
Пань Байань, Беляев Н.Д. Применение FLOW-3D для обоснования технологии намыва 3
Гиневский Р.С., Лазарев В.А., Терлеев В.В., Черкасова В.В. Три системы почвенно-гидрофизических функций и их сравнение на примере илистой почвы 7
Дмитриев И.И. Огнестойкость составного центрально сжатого тонкостенного двутаврового профиля 12
Кириллов С.В., Кутин Д.А. Расчет термонапряженного состояния ростверка мостовой опоры с целью определения возможного трещинообразования 16
Шерстобитова П.А., Петроченко М.В., Рубайло Т.В., Макаров А.И., Морина Е.А. Метод FMEA как инструмент оценки критичности дефектов и повреждений строительных конструкций 20
Терех М.Д., Третьякова Д.В., Морозова Н.М. Первичная энергия как критерий оценки уровня тепловой защиты зданий 23
Лаушкина Е.И., Кузьминых А.Р., Петроченко М.В. Оценка стоимости энергоэффективных проектных решений по стандарту GREEN ZOOM 27
Алджамил А. Оценка экономического потенциала ветроэнергетических ресурсов региона Габагеб в Сирийской Арабской Республике 32
Петров С.Г., Панфилов А.А. Конструктивно-технологические особенности строительства модульных ветроэергетических установок арктического исполнения 36
Лалин В.В., Ненашев В.С., Утимишева Я.Г. Решение задачи устойчивости стержня, изгибаемого потенциальным следящим моментом в точной и сильно-линеаризованной постановке 41
Беляева Е.С., Зимин С.С., Задорин О.Р. Оценка влияния формы здания на ветровое воздействие с учетом ориентации и окружающей застройки 45
Долбня И.В., Смятская Ю.А., Политаева А.Н. Сорбционные материалы на основе остаточной биомассы ряски Lemna minor и хитозана для очистки воды от ионов тяжелых металлов 50
Милютина Н.О., Политаева Н.А. Содержание тяжелых металлов в техногрунте и взошедших на нем растениях 55
Василенко Ю.В. Разработка методики исследования чувствительности дымовых пожарных извещателей к дымам различной природы 58
Туманов В.А., Рябинина Е.П., Туманов А.Ю. Обеспечение безопасности при чрезвычайной ситуации техногенного характера на складе лесоматериалов 61
Иванов Н.С., Сапронов К.И., Туманов А.Ю. Разработка методики оценки риска проекта создания интегрированных систем безопасности на потенциальном опасном объекте 66
Каверзнева Т.Т., Егорихина В.А. Обеспечение безопасности страховочного оборудования при работах на высоте 69

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ 72
Шейко А.Е., Васильева О.А. Оценка снижения пропускной способности кабеля 0,4 кВ при питании несинусоидальной нагрузки 72
Черенков В.А., Иванов Д.В., Фролов В.Я. Сравнение вакуумных дугогасительных камер 10 кВ, 20 кА с аксиальным и радиальным магнитным полем по их отключающей способности 76
Попов И.В., Сюткин А.В., Евдокунин Г.А. Исследование электродинамической стойкости трансформаторов 80

Молоскин А.Е., Парамонова И.Л. Моделирование кориума в устройстве локализации расплава и обоснование его подкритичности для стационарной топливной загрузки ВВЭР 84
Клюев А.С., Иванов Е.А., Чернышев Я.И. Разработка и верификация методики численного расчета водоструйного эжектора....88
Григорьев А.В., Галышев Ю.В. Формирование характеристики многократного впрыска для дизельного двигателя мощностью 140 кВт....92
Петров А.Ю., Гилева Л.В. Исследование характеристики работы антипомпажного клапана с помощью численного моделирования....95
Чумакова А.А., Нгуен А.К., Лапшин К.Л. Сравнение потерь в направляющем аппарате турбины низкого давления в традиционной и биротативной схемах 98

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА 101
Решетов И.В., Труфанов Д.А., Таганцев Д.К., Липовский А.А. Обратный дрейф катионов при отжиге поляризованных силикатных стекол 101
Хисматуллин А.Р., Кладов И.В., Курушкин Д.В., Панченко О.В. Исследование микроструктуры и свойств сварного соединения проволоки из сплава Ti-Ni 106
Первухин И.С., Выступов С.И. Математическая модель для расчёта температуры элементов ошиновки алюминиевого электролизера....110
Демьянов Г.В., Григорьев А.А., Шалашов Е.В. Экранирование от ионизирующего излучения модулями на основе реакторного графита, порошка обедненного урана и компактного алюминия....113
Дубова Э.Р., Голод В.М. Компьютерный анализ теплообмена в зернистых системах формовочных смесей на основе корунда и кварца 117
Яхяева Е.У., Гайсин Р.Р., Седлер М.Х. Разработка технологии и оборудования для роботизированной сортировки твёрдых бытовых отходов 121
Брянский А.А., Васильев А.К., Попов А.Н. Управление пневмоприводом ударного стенда 124
Мельников И.И., Ананьин И.Э., Мамутов В.С. Компьютерный расчет формовки тонколистового металла полиуретаном 129
Кияев И.С., Макарова Т.А., Хлопков Е.А., Турзаков А.С., Вьюненко Ю.Н. Исследование влияния диаметра проволоки и количества жил в сечении кольцевых силовых пучковых элементов из никелида титана на деформационно-силовые свойства 133
Феч Н.С., Ильина И.А. Исследование влияния механических свойств материалов на прочность сварного шва гибкой рулонной упаковки....137
Васильев А.И., Добрецов Р.Ю. Расчетная оценка энергозатрат в заданном ездовом цикле для автопоездов с активным и пассивным прицепом 141
Богомолов В.Д., Попов А.И. Технологическое обеспечение автоматизированной струйной электролитно-плазменной обработкой....145
Василевский М.Р., Александров В.А. Исследование динамической нагруженности карданного вала в трансмиссии трактора Кировец К-4....149
Мальцева Н.А., Филатов Н.С., Бахшиев А.В. Разработка системы для обеспечения контроля соблюдения техники безопасности на производстве с применением сверточных нейронных сетей....152
Жельвите А.К., Вуль О.А., Воронина Е.В. Реконструкция фасадов дошкольных учреждений Санкт-Петербурга: комплексный подход на примере интерпретационной колористики....157

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ 162
Шишкина И.А., Машаев Н.К., Колесник Е.В. Расчет сверхзвукового невязкого течения в канале с центральным клином: исследование влияния численных схем 162

Кучеренко Д.В., Вильде М.В. Пороупругая модель в задаче деформирования элемента миокарда 166
Пендрикова О.Н., Александрова Е.Б. Применение изогений эллиптических кривых для обеспечения пороговой аутентификации 171
Неверов В.С., Кюн А.А. Исследование методов генерации случайных и псевдослучайных чисел 175
Лобанов С.М., Семенов А.С. Конечно-элементный анализ влияния параметров кристаллической решетки на экстремальные свойства двухфазных сегнетоэлектроупругих материалов 180
Гудкина Ж.В., Гуткин М.Ю. Экспериментальное наблюдение и модель развития трещин поперечного сдвига в дентине 185
Игумнова В.С., Штукин Л.В., Лукин А.В., Попов И.А. Устойчивость положений равновесия и динамика микрорезонатора 190
Пурий А.А., Попов С.Г. Управление репозиторием метаданных в задаче интеграции распределенных гетерогенных СУБД 194

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ, НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ 198
Клевцов А.И., Павлов А.В., Устинов А.Б., Петров В.Н. Экспериментальное измерение температурной зависимости поверхностного и объемного магнетизма 198
Сизых Г.К., Дубов В.В., Рощупкин С.П. Резонансная кинематика рождения электрон-позитронных пар в столкновениях электронов с лазерной волной 200
Гурьева С.А., Марихин В.А. Исследование кинетики структурных фазовых переходов в гомологах н-алканов 204
Майзель А.В., Медведев А.В., Темкина В.С. Методы применения LabVIEW при исследовании и компенсации температурной зависимости волоконно-оптического трансформатора тока 209
Опарин И.Д., Чариков Ю.Е. Поток и анизотропия электрон-электронного тормозного жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек 213
Парфенова Е.С., Новиков Ю.Н. Исследование процессов в цепях с туннельным диодом: сочетание моделирования, лабораторного и численного анализа 217
Забалуева З.А., Непомнящая Э.К. Расчет параметров оптической системы в кросскорреляционном спектрометре 222
Антонов А.С., Пшенай-Северин Д.А., Новиков С.В., Бурков А.Т. Термоэлектрические свойства моносилицида кобальта и сплавов $Co_{1-x}M_xSi$ (M=Fe, Ni) 227
Гусев Г.А. Исследование эффективности захвата высокоэнергетического возбуждения излучательными уровнями Eu^{3+} в матрице YAG 231
Шмидт А.Е., Соболева Е.В., Виноградова Д.С., Сергеев В.Р., Суржик М.А. Использование *in vitro* рекомбинации для получения термостабильной химерной формы глюкоамилазы 235
Борейчук И.А. Разработка цифрового конфигурируемого многоканального понижающего преобразователя частоты в ПЛИС 238
Ражева К.В., Румянцев И.А. Направленный ответвитель на элементах с сосредоточенными параметрами на основе КМОП-технологии 243

ИНСТИТУТ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 247
Кузнецов И.П., Немов А.С., Новокшенов А.Д. Реализация методов Fully utilized design и Evolution strategy для минимизации веса стержневой конструкции внутри лопасти сложного сечения 247
Drozdova K.A. Entrepreneurship development by means of the university-based “TechNet Project” accelerator 251

ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ 256
Грифлюк А.В., Постникова Т.Ю., Зубарева О.Е., Зайцев А.В. Нарушения синаптической пластичности в гиппокампе крыс, вызванные введением бактериального липополисахарида в раннем постнатальном онтогенезе 256
Кабаченко Ф.Ю., Белякова Н.В., Ронжина Н.Л., Легина О.К., Нарыжный С.Н. Применение двумерных электрофоретических карт из базы данных для идентификации белков в образцах плазмы крови 261
Карпов Т.Е., Муслимов А.Р., Зюзин М.В., Сурменев Р.А., Тимин А.С. Биотехнологичная платформа на основе гибридных скаффолдов и субмикронных носителей, используемая для эффективного включения факторов роста и их длительного высвобождения 265
Курочкина А.С. Выделение и очистка α-амилазы, липазы и протеазы из поджелудочной железы северного оленя 268
Соляникова В.В., Созина И.Д., Иванченко О.Б., Баранова О.А., Митрофанова О.П. Выявление перспективных для селекции сортов и линий озимой мягкой пшеницы с целью обеспечения продовольственной безопасности страны.....271
Смоленцева А.А., Бежанова Р.А., Несмелова С.В. Проектирование гипоаллергенных рубленых изделий из мяса индейки, сбалансированных по аминокислотному и минеральному 276
Анцыперова М.А., Арсеньева Т.П. Применение энзиматического колориметрического метода для исследования процесса ферментации молочных продуктов.....281

ВОЕННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР.....286
Вабищевич Д.А., Поспелов М.Э., Федин Д.В. Исследование экспериментального образца антенны на основе диэлектрического волновода SIW структуры для применения в фазированных антенных решетках.....286
Виколайнен В.Э., Богданов В.И., Кобчиков В.С. Кристаллический метод термометрирования поршня двигателя 290
Симоненко И.В., Озарчук В.С., Суходолов А.С., Андриенко Е.В. Особенности создания интерактивного макет узла связи для изучения тактико-специальных дисциплин.....295

ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ТУРИЗМА 300
Сущенко Г.В., Щеголев В.А., Агаев Р.А. Управление спортивно-педагогическими системами в условиях вуза 300

ВЫСШАЯ ШКОЛА МЕЖДУНАРОДНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ 304
Пригодич Н.Д. Особенности культурно-исторического восприятия иностранных студентов на примере изучения истории Великой Отечественной войны 304
Васильева К.В. Интерактивная презентация как форма итогового контроля усвоения материала языка специальности китайскими студентами направления подготовки «Промышленный дизайн» 308

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА, ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ 312
Авдуевская Е.А., Надежина О.С. Оценка влияния экономических факторов на развитие инновационной среды в стране 312
Вознесенская Д.Д., Голубев В.А., Лопырев И.А. Экономическая оценка различных вариантов комплексов технологических мероприятий по обращению с РЗГ при выводе АЭС из эксплуатации 315

Головина Д.О., Гутман С.С. Инвестирование в человеческий капитал как стратегическое направление России в борьбе с бедностью и обеспечении экономического роста 319
Крыжко Д.А. Анализ методических подходов к оценке уровня цифрового развития территорий в контексте устойчивого развития регионов 324
Люкевич И.Н., Чертес П.Б., Шмелева А.И. Будущее денег: энергетический стандарт 327
Митрохина А.М., Павский А.И. Проактивная модель предоставления государственных и муниципальных услуг на примере социального обслуживания в Санкт-Петербурге 330
Отрубянникова П.В., Ходосов К.А., Викторова Н.Г. Облачная бухгалтерия как инструмент планирования налогов 335
Ильинский А.А., Ильченко М.А. Анализ перспективных зон внедрения технологии дистанционного лазерного зондирования для поисков месторождений нефти и газа 339
Юрковлянец Д., Симчук М.М., Климин А.И. Инструменты Blue Ocean Strategy при разработке стартапов 343
Соловьев Л.А., Широкова А.С., Титов А.Б. Планирование проекта внедрения и расчет экономической эффективности проекта для ООО «Альянс-Нева» в результате перехода с 1С: Торговля и Склад 7.7 на 1С: Управление торговлей 8.3 348
Барчина В.С., Илларионова К.В. Идентификационная экспертиза керамической плитки, представленной на рынке отделочных материалов РФ 353
Бобарико С.А., Воронов Д.В., Яковлев А.А. Рекомендации по улучшению качественных показателей работы hr 356
Быкова Е.Н. Методы учета зон с особыми условиями использования территории при определении рыночной стоимости земель сельскохозяйственного назначения 361
Воробьев В.И., Красноставская Н.В. Анализ особенностей интегрированной рекламы в видео на канале YouTube 366
Исмоилова Л.А., Воронова О.В. Процесс трансформации модели международного туризма великобритании в контексте брексита 370
Максимова М.А., Жилинкова И.Н. Перспективы внедрения инновационных технологий в торговле в регионы Российской Федерации 374
Пушкина П.И., Нилова Л.П. Формирование потребительского спроса на рынке растительных напитков 379
Румянцева Е.Р., Капустина И.В. Место и роль стратегии развития торговли в реализации торговой политики Российской Федерации 383
Струк К.Ю., Руднев В.Э., Хныкина Т.С. Формирование подхода к управлению талантами в условиях цифровизации 387
Шадринов В.А., Каньковская А.Р. Разработка системы гибких рабочих мест и графика работы на основе спиральной динамики 391
Кузьменкова Е.А., Пупенцова С.В. Оценка эффективности подключения дополнительной мощности электроэнергии в сегменте производственно-складской недвижимости 395
Теплая К.В., Конахина Н.А. Разработка методики оценки эффективности циркулярных проектов и обзор реализующихся программ в области циркулярной экономики 398
Смирнова И.С., Злобина З.А., Скворцова И.В. Оценка важности рефлексии студентов при разработке стратегии международных проектов СПбПУ 402

ГУМАНИТАРНЫЙ ИНСТИТУТ 407
Буров В.А., Попова Н.В. Геймификация как эффективный инструмент обучения иностранному языку в вузе 407
Лисицына А.С. Каузаторы эмоционального состояния «страх» в текстах немецких лютеранских хоралов: корпусной контент-анализ 411
Кычкин Н.С. Перевод в режиме бегущей строки и онлайн-синхронного медиаперевода: особенности и перспективы развития 415
Whitford B.S., Fersman N.G. English language as the core of group work in an international academic class 419
Дубенский А.М., Юдина И.В., Извекова Ю.С. Личностные особенности интернет зависимых студентов технического вуза 423
Елизарова А.Д., Волошинова А.Д. Анализ редакторской подготовки текстовых плакатов как группы изданий 427
Дмитриев А.В., Славгородская Т.А. О некоторых функционально-семантических особенностях Black English в современном английском языке 430
Чеснокова А., Варламова В.Н. Мифологема «птица» и актуализация её когнитивных особенностей в художественном тексте (на материале рассказа Дафны дю Морье “The Birds”) 435
Ильина Е.В., Нечай А.А. Космическая программа и промышленная экономика КНР в XXI веке 439
Иванова Е.А. Европейский миграционный кризис и проблема терроризма во Франции 442
Семернина О.А., Козловская В.В. Хозяйственно-имущественные права саамов в Швеции на современном этапе 446
Дашкова Е.И. Возможности и проблемы цифровизации образовательного процесса 450
Кабдолдина Д.Б., Леонтьева В.Л. Специальные мероприятия как составляющая коммуникационной стратегии компаний на рынке B2B в сфере систем хранения данных 454
Попов Д.Г., Смирнов М.В. Образы северной столицы и вопросы доверия: проблема 458
Носова А.В., Тростинская И.Р. Разработка системы коммуникаций строительно-ремонтной компании на рынке Санкт-Петербурга и Ленинградской области 462
Ганин М.А. Командировки советских специалистов как способ изучения зарубежного опыта в области судостроения в СССР в 20–30-е гг. XX века 467
Бушуева А.Е., Гусейнова Э.Д., Косарев С.Ю. Одорологический метод как способ доказывания по уголовным делам 472
Кондукова А.М., Мохоров Д.А. Преступность несовершеннолетних лиц: предпосылки, проблемы и их пути решения 474
Латышов И.В. Современные прикладные компьютерные программы для производства сравнительных исследований в криминалистической экспертизе 478
Матюхов А.А., Рождественский А.Ю. Прецизионное определение подлинности подписи в почерковедческой экспертизе 482
Зернов А.О., Снетков В.Н. Право и основные критерии классификации юридических норм 485
Сафаров Э.А., Мохоров Д.А., Пантела Л.О. Современные проблемы государственного регулирования противодействия коррупции в Российской Федерации и пути их устранения 489
Барек Зой М.Н., Пушкарева В.А., Тебряев А.А. Проблема правового регулирования Big Data в Российской Федерации 492

НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ

Материалы научной конференции
с международным участием

18–23 ноября 2019 года

ЛУЧШИЕ ДОКЛАДЫ

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 30.12.2019. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 31,5. Тираж 40. Заказ 2695.

Отпечатано с готового оригинал-макета,
предоставленного организационным комитетом конференции,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.