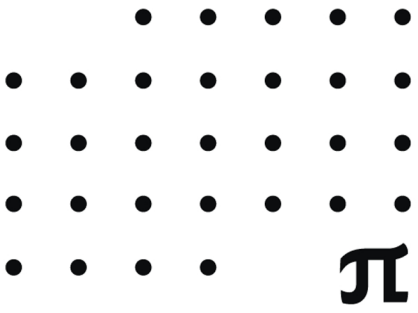
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО



НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ

19–24 ноября 2018 года

МАТЕРИАЛЫ

научной конференции
с международным участием

ЛУЧШИЕ ДОКЛАДЫ

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2018

Н42

Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, 19–24 ноября 2018 г. **Лучшие доклады.** – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 453 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, для 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 978-5-7422-6404-0

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

УДК 621.311

С.Г. Петров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФУНДАМЕНТА ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Цель работы – разработать методику оптимизации основных параметров фундамента ветроэлектрической установки (ВЭУ), эксплуатируемой в условиях Крайнего Севера.

Треть территории Российской Федерации находится в условия вечной мерзлоты. Большая часть регионов относится к зонам децентрализованного энергоснабжения со слабо развитой транспортной инфраструктурой и находится на значительном удалении от технологических центров. Такие регионы в основном обеспечиваются электроэнергией от дизельных электростанций, работающих на привозном, дорогостоящем топливе. Поэтому возникает острая необходимость в использовании современных энергоэффективных технологий, в том числе установок возобновляемой энергетики, преобразующих высокий природный потенциал возобновляемой энергии на этих территориях [1].

Прибрежные, северные и дальневосточные территории России находятся в зоне высокого ветропотенциала со среднемноголетними скоростями ветра более 5 м/с на высоте 10 м и удельной плотностью более 400 Вт/м^2, поэтому для обеспечения электроэнергией данных регионов можно использовать установки, преобразующие энергию ветра [1].

Согласно данным международного агентства по возобновляемым источникам энергии IRENA и департаменту энергетики США, удельная стоимость системы ВЭУ зависит от установленной мощности. Так, для ВЭУ, мощностью более 1 МВт, удельная стоимость составляет примерно 1500 $/кВт (табл. 1) [2, 3].

Таблица 1. Средние значения удельной стоимости системы ВЭУ в зависимости от мощности

$N_{\text{ном}}$ ВЭУ, кВт	$K_{\text{ВЭУ}}$, \$/кВт
Очень малой мощности (< 5)	> 14 000
Малой мощности (5 – 99)	14 000 – 3 000
Средней мощности (100 – 1000)	3000 – 1500
Большой мощности (> 1000)	< 1500

Большая часть стоимости строительства ВЭУ приходится на оборудование и может составлять порядка 70–75% [2]. На фундамент в среднем приходится 6 – 8% всех затрат. Стоимость строительства и эксплуатации ВЭУ в условиях крайнего севера возрастает, при этом затраты на фундамент могут достигать 14–16%, что связано со сложным взаимодействием основания ВЭУ с вечномерзлым грунтом и возникновением дополнительных нагрузок от обледенения основных элементов ВЭУ [4]. Поэтому, с экономической точки зрения, обоснование фундамента ВЭУ, возводимой в условиях вечной мерзлоты, является актуальной задачей.

Обеспечить устойчивость конструкции ВЭУ можно двумя способами: увеличением веса фундамента, т.е. увеличением его размеров или применением свайных фундаментов. Однако на практике для возведения ВЭУ в удалённых и труднодоступных районах данные способы могут оказаться неприемлемыми. Основная сложность заключается в удалении автономных потребителей от региональных центров и, следовательно, отсутствием необходимой строительной техники, квалифицированного персонала и качественных строительных материалов [5, 6].

Таким образом, возникает необходимость в такой разработке фундамента ВЭУ, который бы возводился из привезённых готовых элементов (модулей), исключающих или сводящих к минимуму проведение бетонных и сварочных работ непосредственно на площадке строительства.

Одной из основных проблем в решении подобной задачи является транспортировка модулей фундамента, так как они имеют значительные массогабаритные характеристики. Отсюда появляется необходимость в подборе и оптимизации размеров фундамента.

В настоящее время в Научно-образовательном центре «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» (НОЦ «ВИЭ») проводятся исследования конструкции модульного фундамента для арктических условий с использованием обратной засыпки из местных материалов для снижения веса и размера модулей. Конструкция такого фундамента показана на рис. 1.

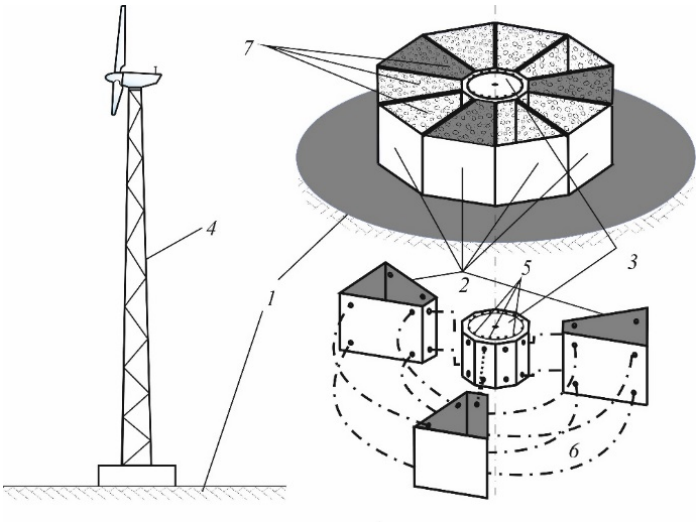


Рис. 1. Схема модульного фундамента ВЭУ:
1 – основание, 2 – внешние модули, 3 – центральный модуль, 4 – башня ВЭУ,
5 – анкерные болты, 6 – болтовые соединения, 7 – обратная засыпка

Фундамент устанавливается на основание 1 и состоит из полых внешних модулей 2, прикреплённых к центральному модулю 3, предназначенному для крепления башни ВЭУ 4, посредством анкерных болтов 5, а модули крепятся между собой болтовыми соединениями 6. Таким образом, можно ввести допущение, что крепление и конструкция модулей обеспечивают их жесткость, и фундамент работает как единое целое. Для утяжеления конструкции используется обратная засыпка из местных материалов 7.

Для определения основных размеров фундамента необходимо найти напряжения по поверхности контакта фундамента и основания. Для решения такой задачи при монолитном модульном фундаменте мелкого заложения можно ограничиться рассмотрением только контактной задачи по подошве фундамента [5].

Формула внецентренного сжатия, позволяющая определить нормальные давления $p(x,y)$ на грунт и на подошву фундамента в любой точке с координатами x и y плоскости контакта грунта с подошвой фундамента, имеет вид

$$p(x,y) = \frac{N}{A_\text{ф}} \pm \frac{M_x}{I_x} y \pm \frac{M_y}{I_y} x \,, \qquad (1)$$

где N, M_x, M_y – усилия, приложенные к центру подошвы фундамента вдоль/вокруг соответствующих осей z, x и y (рис. 2); $A_\text{ф}$ – площадь подошвы фундамента; I_x, I_y – моменты инерции площади подошвы относительно соответственно осей x и y.

Усилия и координаты точки, в которой вычисляется давление на грунт, в формуле (1) берутся со своими знаками в соответствии с выбранной системой координат и принятыми правилами знаков (см. рис. 2).

Рис. 2. Усилия и система координат на подошве фундамента

К нормальному давлению $p(x,y)$ на грунт под подошвой фундамента предъявляются следующие требования:

а) максимальное давление на грунт у края подошвы фундамента должно удовлетворять условию

$$p_{\max} \leq 1{,}2R, \tag{2}$$

где R – расчётное сопротивление основания.

б) минимальное давление на грунт под подошвой фундамента должно удовлетворять условию

$$p_{\min} \geq 0. \tag{3}$$

Подбор и оптимизация параметров модульного фундамента была произведена для ВЭУ арктического исполнения Northwind 100 Arctic, установленной мощностью 100 кВт, высотой башни 30,0 м и нижним диаметром 2,0 м. Согласно данным фирмы Nothern Power Systems, вес ВЭУ равен 190 кН, опрокидывающий момент на привалочной плоскости фундамента составляет 3222 кН·м.

Поскольку заранее не известно расчетное сопротивление грунта R, то в первом приближении примем, что модульный фундамент опирается на скалу или купол вечной мерзлоты с $R > 5$ МПа. Практика показывает, что в подобных гидрогеологических условиях необходимо подобрать такой вес фундамента, при котором $p_{\min} = 0$ [5].

Примем следующие основные параметры для расчёта (табл. 2).

Таблица 2. Основные параметры модульного фундамента ВЭУ

Параметр	Значение	Примечание
Момент от ВЭУ, кН м	3222	От производителя
Вес ВЭУ, кН	190	От производителя
Плотность стали, т/м^3:	7,8	Принимается
Плотность обратной засыпки, т/м^3:	1,5	Принимается
Коэффициент надёжности по весу	1	Принимается
Геометрические параметры модулей		
Число внешних модулей	12	Принимается
Ширина грани внешнего модуля, м	2,07	Вычисляется
Высота фундамента (модулей), м	1	Принимается
Радиус описанной окружности, м	4	Принимается
Толщина стенки секции модулей, м	0,01	Принимается
Радиус описанной окружности кольца, м	1,5	Принимается
Ширина грани опорного кольца, м	0,78	Вычисляется
Длина внешнего модуля, м	2,41	Вычисляется

Одним из критериев оптимальности выбора конфигурации модульного фундамента является коэффициент перегрузки

$$K_{\text{пер}} = \frac{N_{\text{тр}}}{N}, \tag{4}$$

где $N_{\text{тр}}$ – требуемый для выполнения условия (3) суммарный вес ВЭУ и фундамента.

Для параметров, приведённых в таблице 2, коэффициент перегрузки составил 0,75, что говорит о 25% превышении требуемого веса фундамента, т.е. о превышении его минимально допустимых размеров.

Вторым критерием оптимальности является возможность транспортировки отдельных модулей. Массогабаритные характеристики модулей позволяют размещать отдельные элементы в стандартный контейнер [7] (табл. 3).

Таблица 3. Размеры стандартного контейнера для перевозки грузов

Характеристика	Контейнер 40′ × 8′ × 8′8		
	Внешние размеры	Внутренние размеры	Дверной проём
Длина, м	12,19	11,98	
Ширина, м	2,44	2,33	2,28
Высота, м	2,59	2,35	2,26
Тара, кг	3 980		
Вес груза, кг	26 500		
Объем, м^3	65,5		

Таким образом, учитывая критерии оптимальности, был произведен выбор вариантов компоновки модульного фундамента. При выборе рассматривались такие параметры, как число модулей, высота фундамента, толщина стенки, радиусы описанной окружности фундамента и центрального модуля. Необходимо добиться минимального превышения требуемого веса фундамента, т.е. $K_{\text{пер}} \cong 1{,}0$, что позволяет выполнить условие (3) при наименьшей материалоемкости. Также требуется максимизировать количество модулей, помещаемое в контейнер.

Оптимальное число модулей от 10 до 14: уменьшение их количества приводит к увеличению геометрических параметров, что сокращает количество вмещаемых в контейнер модулей или совсем не позволяет осуществить транспортировку. Большее количество модулей требует увеличения числа контейнеров для перевозки.

Толщина стенки модуля может варьироваться в пределах от 10 до 20 мм: уменьшение толщины стенки делает конструкцию непрочной и неустойчивой, что не позволяет подобрать необходимый для выполнения условия (3) вес фундамента без значительного увеличения размеров модулей. Толщина стенки более 20 мм способствует значительному увеличению веса модуля, что затрудняет транспортировку, установку и сборку.

Высота фундамента принимается от 1 до 1,15 м. Увеличение высоты фундамента сильно сократит количество вмещаемых в контейнер модулей, а фундамент высотой до 1 м может оказаться неустойчивым и не выдержать действующих нагрузок.

Радиус описанной окружности центрального модуля не может быть меньше нижнего радиуса башни и должен иметь запас для возможности сборки. Поэтому минимальный размер радиуса центрального модуля 1,5 м. Максимальный радиус составляет 1,65 м, так как дальнейшее увеличение ведет к невозможности транспортировки центрального модуля. Но нахождение технического решения исполнения центрального модуля позволит увеличить его размеры. Отношение радиусов описанных окружностей фундамента и центрального модуля не должно превышать 2,5, поскольку это приводит к недопустимой длине внешнего модуля.

Опираясь на вышеизложенное, было предложено и рассчитано несколько вариантов конфигурации модульного фундамента. Наиболее оптимальными являются варианты,

имеющие минимальное превышение необходимого веса фундамента, и размеры модулей которых позволяют вмещать максимальное количество в стандартный контейнер (рис. 3, 4):

1. 12-ти модульный фундамент с радиусом описанной окружности 3,4 м, опорным модулем с радиусом 1,5 м, высотой фундамента 1,1 м и толщиной стенки 0,02 м;
2. 14-ти модульный фундамент с радиусом описанной окружности 3,5 м, опорным модулем с радиусом 1,6 м, высотой фундамента 1,15 м и толщиной стенки 0,01 м.

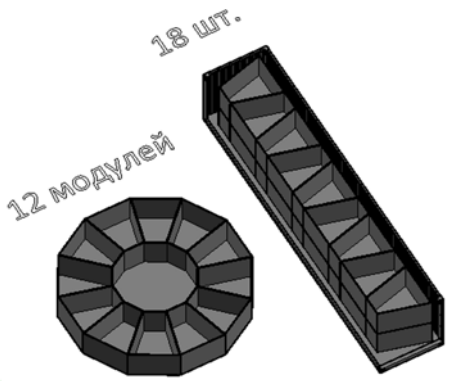


Рис. 3. Фундамент из 12 модулей

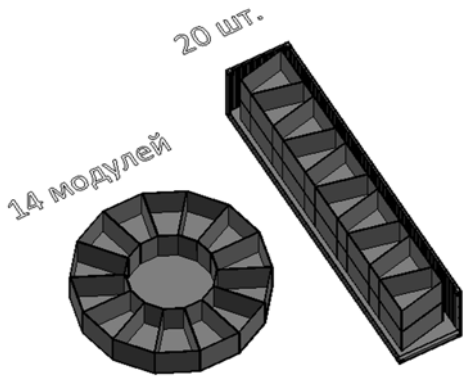


Рис. 4. Фундамент из 14 модулей

Выводы:

- предложена и рассчитана конструкция фундамента для арктических ВЭУ, который является технологичным, обладает высокой заводской готовностью и сводит к минимуму объемы работ на месте строительства;
- разработана методика оптимизации основных размеров модульного фундамента и предложено два варианта конструкции для ВЭУ, мощностью 100 кВт (рис. 3, 4);
- дальнейшие исследования сводятся к проверке конструкций по напряжённо-деформационному состоянию и подбору арматуры модулей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. – СПб.: Наука, 2013. – 308 с.

2. Orrell A.C., Poehlman E.A. Small Wind Costs with the Distributed Wind Taxonomy. 2017. Benchmarking U.S. PNNL-26900, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA.

3. IRENA (2018), Renewable Power Generation Costs in 2017, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

4. 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.

5. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Расчёт фундаментов ветроэнергетических установок. Часть 1. Монолитные железобетонные фундаменты мелкого заложения: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 91 с.

6. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Расчет фундаментов ветроэнергетических установок. Часть 2. Свайные фундаменты: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 94 с.

7. Размеры и характеристики контейнеров для перевозки грузов. [Электронный ресурс]. – URL: http://contmaster.su. Последнее обращение 29.11.2018.

УДК 627.824.7

А.В. Позняк, Т.О. Васильева, В.Н. Бухарцев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОЧНОСТЬ КОНТАКТА ПОДОШВЫ СЕКЦИИ БЕТОННОЙ ПЛОТИНЫ И ОСНОВАНИЯ

Гравитационные плотины характеризуются тем, что их устойчивость против сдвига от давления воды обеспечивается в основном силами трения между плотиной и ее основанием, что требует большого веса плотины. Поэтому бетонные гравитационные плотины строились массивными.

Объект исследования: бетонная плотина с массивными оголовками на скальном основании.

Цели и задачи работы:

1. Определить изменения предельных значений касательных напряжений в зависимости от характеристик скального основания.
2. Оценить степень влияния ширины контрфорса на прочность контакта с основанием.
3. Оценить устойчивость водосливной плотины на скальных основаниях с различными характеристиками.

При проверке устойчивости водосливной плотины на сдвиг по скальному основанию прежде всего составляют упрощенную расчетную схему поперечного сечения рассматриваемой плотины, отбрасывая различные детали, которые не могут существенно влиять на окончательные результаты расчета. Обычно все силы, действующие на плотину, разделяют на горизонтальные и вертикальные их составляющие. Выполняя расчет, различают расчетные случаи, при этом учитывают нормативные значения коэффициентов надежности, условий работы, сочетаний нагрузок для различных расчетных случаев, а также численные значения соответствующих характеристик, в частности, прочностных характеристик основания [1].

Для примера, ниже рассмотрим тот случай, когда сдвиг плотины происходит без захвата грунта основания. На примере курсового проекта рассмотрим секцию бетонной плотины с массивными оголовками [2]. Размеры контрфорса и оголовка, соответственно равны 8 и 16 м. Схема секции представлена на рис. 1.

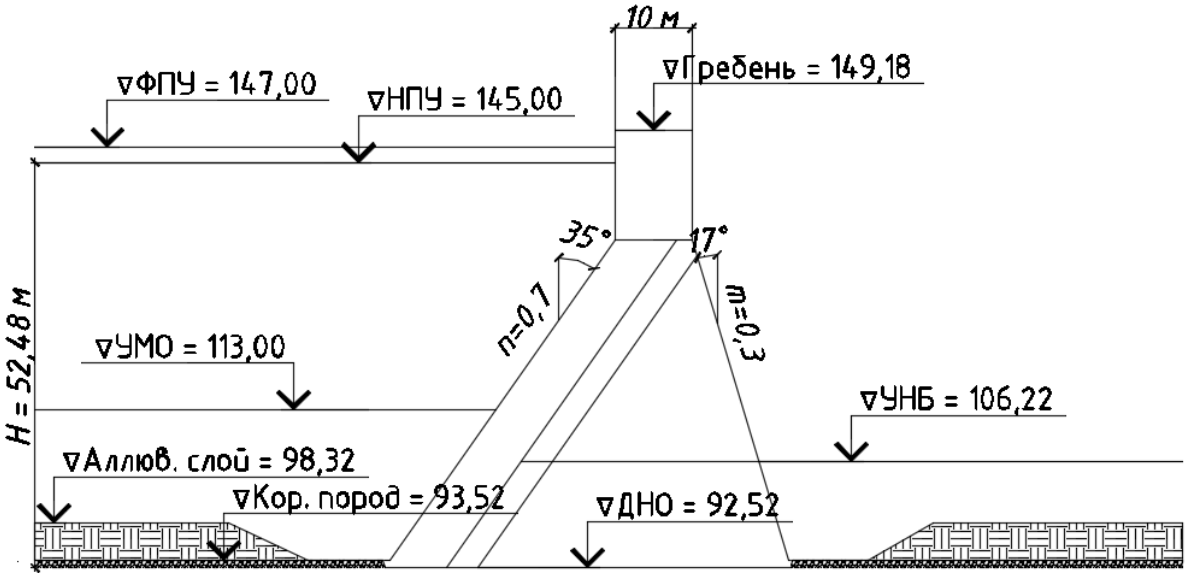


Рис. 1. Схема секции плотины с массивными оголовками

Были проведены расчеты по сбору нагрузок на сооружение [3], а также были определены напряжения по подошве основания по формулам (1) – (5) [4]:

$$\sigma_z = \frac{\sum N}{F_{\text{расч.сеч.}}} - \frac{\sum M_{\text{ц.т.}}}{I} X, \quad (1)$$

где $\sum N$ – сумма вертикальных усилий на сооружение, тс; $F_{\text{расч.сеч.}}$ – площадь расчетного сечения, м^2; $\sum M_{\text{ц.т.}}$ – суммарный момент от вертикальных усилий на сооружение, тс·м; I – момент инерции расчетного сечения, м^4; X – координата центра тяжести расчетного сечения, м;

$$\sigma_1 = \gamma_в H + \gamma_н \xi h_н, \quad (2)$$

где $\gamma_в$ – удельный вес воды, т/м^3; H – напор на сооружение, м; $\gamma_н$ – удельный вес наносов, т/м^3; ξ – коэффициент, учитывающий влияние наносов, равный 0,39; $h_н$ – высота наносов, м;

$$\sigma_2 = (1 + n^2)\sigma_z - n^2\sigma_1, \quad (3)$$

где n – заложение верховой грани;

$$\sigma_x = n^2\sigma_z + (1 - n^2)\sigma_1; \quad (4)$$

$$\tau_{zx} = n(\sigma_1 - \sigma_z). \quad (5)$$

Результаты сбора нагрузок представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты сбора нагрузок

№ п/п	Наименование силы	Величина силы, тс		Плечо, м	Момент, тс·м	
		Знак	Значение		Знак	Значение
Вертикальные составляющие действующих сил						
1	G	+	42391,28	28,12	+	1192043
$\sum N$=42391,28 тс $\sum M$=1192043 тс·м						
2	$W_в^в$	+	15423,24	11,498	+	177336,4
3	$W_в^{н'}$	+	225,23	51,11	+	11511,51
4	$W_в^{н''}$	−	525,53	14,392	−	7563,428
5	$E_в^н$	+	251,91	2,389	+	601,813
6	$W_{ф1}$	−	4435,76	32,24	−	143008,9
7	$W_{ф2}$	−	6545,12	4,804	−	31442,76
$\sum N_{буп}$=58291,66 тс $\sum N_{суп}$=46785,25 тс						
Горизонтальные составляющие действующих сил						
8	$W_г^в$	+	22033,2	17,493	+	385426,77
9	$W_г^н$	−	1501,52	4,5	−	681,84
10	$E_г^н$	+	359,87	3,413	+	1228,24
11	$W_{лд}$	+	240	52,48	+	12595,2
$\sum Q$=21131,55 тс $\sum M_{буп}$=1780743 тс·м $\sum M_{суп}$=1598046 тс·м						

Расчетное сечение секции представлено на рис. 2.

Также были построены эпюры предельных значений и проведена оценка устойчивости бетонной плотины для двух различных случаев по формуле (6) [5]:

– скальное основание с характеристиками $f = 0{,}73$ и $C = 50$ т/м^2;

– скальное основание с характеристиками $f = 0{,}60$ и $C = 30\ т/м^2$.

$$\gamma_{f,c} F \leq \frac{\gamma_c R}{\gamma_n}, \quad (6)$$

где $\gamma_{f,c}$ – коэффициент сочетания нагрузок ($\gamma_{f,c} = 1$); γ_c – коэффициент условия работ ($\gamma_c = 0{,}85$); γ_n – коэффициент надежности, определяемый классом сооружения ($\gamma_n = 1{,}2$); F – активная нагрузка, которая стремится сдвинуть плотину; R – реактивная нагрузка, которая стремится удержать плотину. Результаты сведены в табл. 2 и 3.

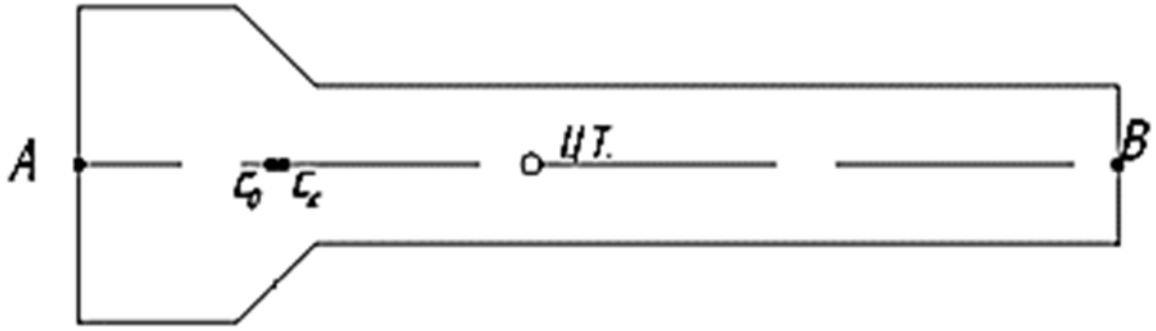


Рис. 2. Расчетное сечение секции

Таблица 2. Результаты расчет напряжений по подошве

Напряжения	Точки			
	A	C_o	$C_к$	B
$\sigma_z, т/м^2$	-1,52	38,82	41,315	216,72
$\sigma_1, т/м^2$	56,87	113,74	113,74	236,22
$\sigma_2, т/м^2$	-30,13	2,1	5,82	0
$\sigma_x, т/м^2$	28,26	77	78,25	19,505
$\tau_{zx}, т/м^2$	40,87	52,44	50,7	65,016

Таблица 3. Результаты оценки устойчивости

№ п/п	Активная нагрузка F, т	Реактивная нагрузка R, т	$\gamma_{f,c} F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R$, т
1) характеристики основания $f = 0{,}73, C = 50\ т/м^2$	21131,6	59170,2	$21131{,}6 \leq 41912{,}3$
2) характеристики основания $f = 0{,}60, C = 30\ т/м^2$	21131,6	43081,4	$21131{,}6 \leq 30515{,}9$

Эпюра фактических касательных напряжений для сооружения представлена на рис. 3.

Далее рассмотрим бетонную плотину с точки зрения предельных значений касательных напряжений для каждого типа основания. Рассчитаем значения напряжений и построим эпюры.

$$\tau_{zx} = \sigma_z f + C, \quad (7)$$

где σ_z – напряжения по подошве основания; f – коэффициент трения; C – удельное сцепление, $т/м^2$;

Эпюры касательных напряжений представлены на рис. 4.

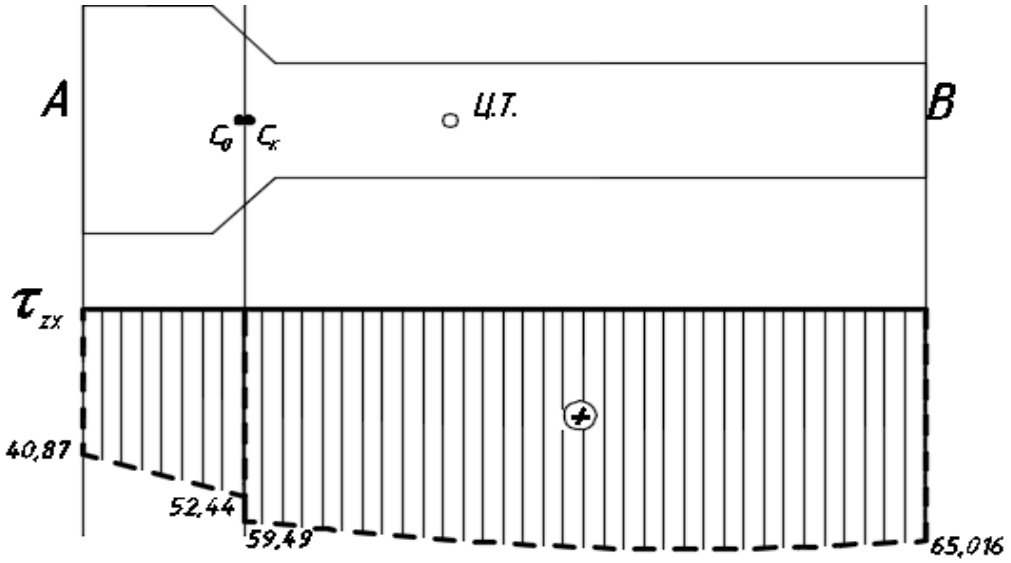


Рис. 3. Эпюра фактических касательных напряжений для сооружения

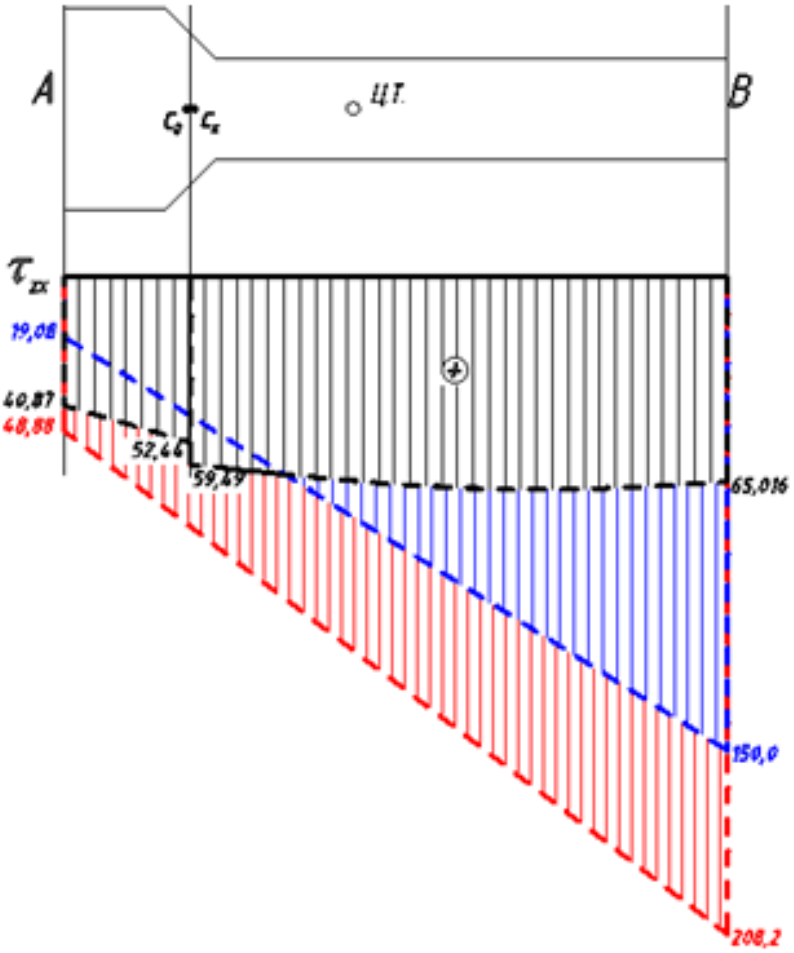


Рис. 1. Эпюры касательных напряжений

Выводы: по результатам расчетов видно, что, несмотря на обеспечение устойчивости плотины в обоих случаях, касательные напряжения во втором расчетном случае находятся выше предельных значений, следовательно, при проектировании бетонной плотины

необходимо учитывать и ширину контрфорса, поскольку пренебрежение этим параметром может стать причиной возникновения плоского сдвига по подошве плотины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений.

2. Бухарцев В.Н. Расчетные гидротехнические сооружения. Водонапорные сооружения водохранилищных гидроузлов: учеб. пособие / В.Н. Бухарцев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 135 с.

3. Гидротехнические сооружения. Часть 1. Учебник для вузов. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 576 с.

4. Иванов А.Ю. Статические расчеты высокой бетонной плотины. – Л.: ЛПИ, 1989. – 36 с.

5. СНиП 2.06.06-85. Плотины бетонные и железобетонные.

УДК 628.33

М.С. Жукова, В.Д. Полякова, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНСТРУКЦИИ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕПТИКОВ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОМА

Определены основные понятия и термины. Дано краткое описание работы анаэробного септика, условия его применения, достоинства и недостатки. Приведены требования к конструкции анаэробного септика, как одной из традиционных автономных систем очистки сточных вод. Предложен перечень документов, которые должны сопровождать поставку анаэробного септика. Приводятся описания конструкции нескольких септиков, используемых на территории Российской Федерации. По данным изготовителей даются значения их стоимости, габаритов, показателей степени очистки сточной воды. Делаются выводы о соответствии реальных возможностей септиков и их достоинств, декларированных производителями.

Актуальность. В последние годы проблема сточных вод приобретает все большую актуальность во всем мире, в том числе и в Российской Федерации. В процессе хозяйственной деятельности современное общество потребляет немалые количества воды, большая часть которой в результате становится загрязнённой, в том числе и растворёнными органическими веществами [1, 2]. При попадании загрязнений наносится ущерб окружающей среде, и поэтому большая часть сточных вод должна подвергаться очистке [3, 4]. Чтобы её обеспечить в должной мере, необходимо использовать специальное оборудование и технологические комплексы, с помощью которых снижаются показатели загрязнения до величин, максимально приближенным к нормативным.

В связи с расширением территорий загородного малоэтажного строительства особенно остро встаёт проблема очистки сточных вод, отводимых от индивидуального коттеджа [5]. Применяемые для этой цели очистные устройства по принципу действия делятся на две основные группы: 1. Септики; 2. Аэрационные очистные устройства [1]. В настоящей работе рассматриваются исключительно септики.

Цели и задачи работы. Целями данной работы является:

1. Формулирование основных требований к конструкции септика.

2. Создание предложений по перечню материалов, которые должны входить в состав документов, сопровождающих изделие.

3. Сравнение септиков зарубежного и отечественного производства по следующим показателям: а) соответствие основным требованиям к конструкции; б) наличие документов, поясняющих конструкцию и возможности септика по удалению загрязнений; в) степень

очистки; г) стоимость; д) удобство обслуживания; е) габариты и вес; ж) стоимость септика на одного человека.

Септик – очистное сооружение, выполняющее функцию удаления загрязнений из сточной воды на основе отстаивания и разложения органики аэробными бактериями. Септик, как таковой, не является законченным очистным сооружением и применяется согласно действующим нормам и правилам [6] в качестве первого звена очистки. Обычно очищенная септиком сточная вода проходит процесс доочистки [1, 7].

Следует отметить, что в популярных публикациях иногда септиками называются все очистные устройства для индивидуального дома [1]. В настоящей работе, авторы которой основываются на наиболее полной публикации по данному вопросу [1], под септиками подразумевается только анаэробные очистные устройства.

Септики имеют ряд ограничений по применению [1]:

1. Установка возможна только при низких уровнях грунтовых вод (уровень последних не должен быть выше труб поля фильтрации).
2. На участке установки септика должны быть хорошо фильтрующие грунты.
3. Поступающая в септик сточная вода имеет ограничения по водородному показателю (анаэробные бактерии эффективно работают в диапазоне pH от 6,5 до 8,0, то есть использование в доме посудомоечных и стиральных машин нежелательно).
4. Сточная вода, прошедшая обработку в септике, должна обязательно пройти доочистку в поле фильтрации или в аэрационном очистном сооружении.
5. Сточная вода не должна иметь температуру менее 20°С.
6. При доме должны быть достаточные территории для размещения поля фильтрации.

Также, имеется ряд достоинств [1]:

1. Септики энергонезависимы.
2. Не требует остановки на зимний период.
3. Достаточно надёжны при соблюдении правил эксплуатации.

Схема устройства простейшего септика и поля фильтрации приведена на рис. 1.

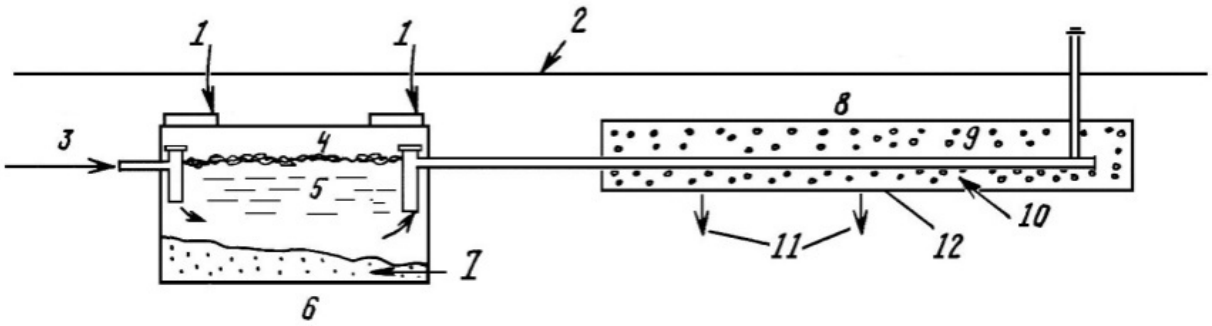


Рис. 1. Обработка сточных вод септиком и доочистка её с помощью поля фильтрации [1]:
1 – люк для осмотра и очистки септика; 2 – поверхность грунта; 3 – впуск;
4 – плавающие на поверхности воды загрязнения; 5 – жидкость; 6 – септик; 7 – осадок;
8 – обратная засыпка траншеи; 9 – дренажная или перфорированная труба;
10 – гравийная засыпка; 11 – просачивание сточной воды; 12 – фильтрующая траншея

Согласно [1], септик представляет собой расположенный над землей резервуар, размеры которого назначают исходя из времени пребывания сточных вод приблизительно 2 суток. Септик должен быть хорошо теплоизолирован путём обкладки его со всех сторон теплозащитным материалом. Верхняя панель может быть присыпана слоем грунта толщиной 0,3 м, который раскапывается при необходимости доступа к внутреннему объёму очистного устройства. Впускные и выпускные трубы имеют Т-образные оголовки, предотвращающие засорение трубопроводов мусором, который скапливается на поверхности сточной жидкости и препятствующие поступление в септик воздуха из подводящей трубы, работающей в

безнапорном режиме. Функции септика заключаются в осаждении взвеси, флотации жира, анаэробном разложении поступающих органических веществ и хранении ила. Задержание крупных включений существенно для предотвращения засорения перфорированных труб системы почвенной фильтрации. Представляется, что септики являются экономичными и практичными приспособлениями для обработки бытовых сточных вод в районах, где грунты пригодны для фильтрации. Там, где использование полей фильтрации невозможно, требуется доочистка воды для получения такого её качества, которое по существующим нормам считается приемлемым для сброса в поверхностные водоемы. Эта доочистка может быть достигнута с помощью систем аэрации и дезинфекции. Однако получение удовлетворительного качества воды с помощью этих систем сопряжено с большими затратами.

Исходя из задач, решаемых септиком, и обеспечения комфортных условий его обслуживания, авторы считают, что конструкция септика должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Для предотвращения поступления воздуха в септик впускной и выпускной патрубки обязательно должны иметь Т-образную форму с заглушкой в верхней части, обеспечивающей удобную прочистку патрубка. Возможна и Г-образная форма патрубков, но её применение чревато забивкой их всплывающими загрязнениями;

2. Для удобной прочистки патрубков они должны располагаться непосредственно под смотровыми люками;

3. Смотровые люки должны быть герметичными и иметь возможность теплоизоляции в верхней части;

4. Высота «шахт» люков должна обеспечивать расположение впускного и выпускного патрубков ниже глубины промерзания;

5. Объём септика должен соответствовать числу спальных комнат в доме [1].

В данной работе рассматриваются несколько видов септиков и приводятся их характеристики по данным производителей [8–10] (табл. 1, 2).

Таблица 1. Данные производителей

№	Модель	Страна производитель	Степень очистки, %	Стоимость, включая монтаж, руб.	Стоимость на 1 человека, руб.
1	Carat-S	Германия	60–70%	135000	45000–27000
2	GreenRock 05	Финляндия	–	172900	57633
3	YES!	Россия	–	79900	15980

Таблица 2. Данные производителей

№	Модель	Габариты, мм	Вес, кг	Объем, литр	Кол-во пользователей, чел.
1	Carat-S	1600×1690×2015	120	2700	3–5
2	GreenRock 05	1000×1500×1250	70	2700	1–3
3	YES!	1100×3000×1100	48	2800	5

* – данные производителей из разных электронных источников.

Производители приводят следующий графический материал, иллюстрирующий устройство септика, ограничен нижеприведённой схемой.

1. Модель септика Carat-S.

Схема приведена на рис. 2. Септик представляет собой пластмассовую ёмкость, может быть, как двух-, так и трех-секционным [8].

2. Модель септика GreenRock 05.

Схема водоочистного комплекса финского производства GreenRock 05 (собственно

септик и биофильтр, выполняющий функцию доочистки) приведена на рис. 3. Собственно септик представляет собой пластмассовую ёмкость сложной формы, разделённую перегородками на камеры [9].

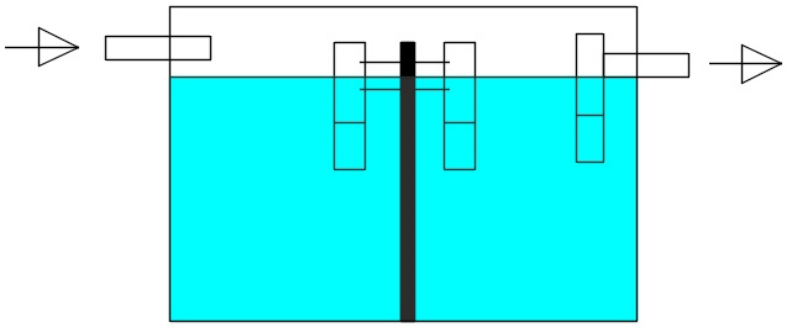


Рис. 2. Схема септика модели Carat-S

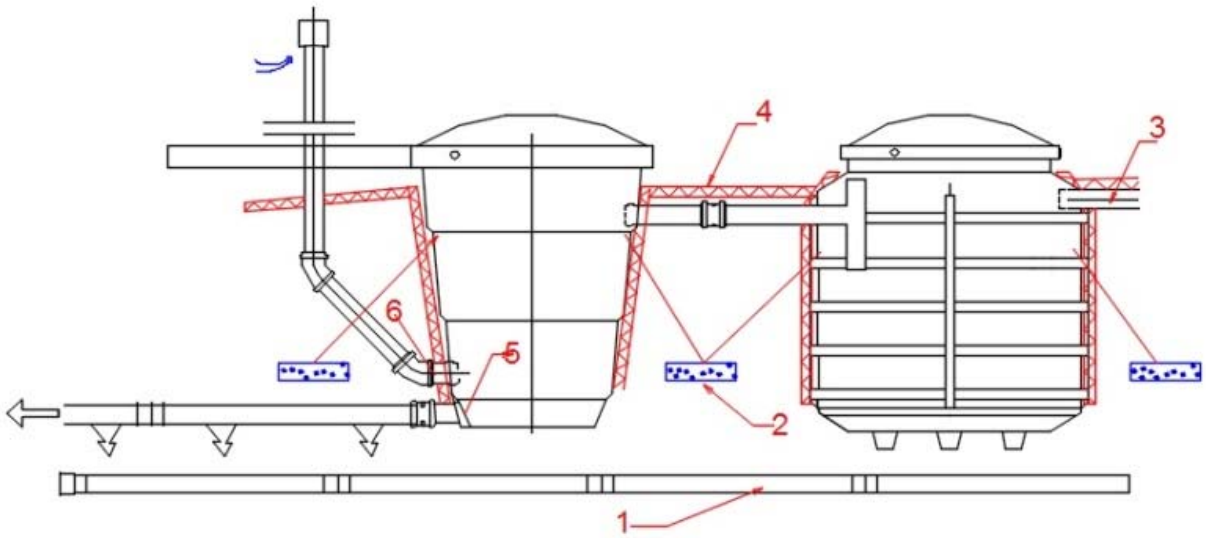


Рис. 3. Схема комплекса GreenRock 05:
1 – дренаж; 2 – крепление; 3 – вход; 4 –теплоизоляция; 5 – выход, 6 – аэрация

3. Модель септика YES!

Септик российского производства YES! представляет собой двухкамерную емкость из стеклопластика [10]. Схем и чертежей изделия поставщики не приводят. Об устройстве септика можно судить только по его фотографии.

Выводы по результатам работы.

Выводы разделены на три группы:

1. «Потребительские» выводы:

1.1. По соображениям «цена-качество» оптимальным является септик YES! – при весьма низкой стоимости в нем возможна очистка до 70%; при наличии поля фильтрации (в стоимость системы очистки производителем не включена) в грунт будет поступать вода, очищенная от органики 97% [7].

1.2. При невозможности устройства поля фильтрации наилучшим представляется комплекс GreenRock 05; при недопущении в «отстойник» воздуха из подводящей трубы и при устройстве отстойника для биоплёнки после биофильтра, комплекс обеспечит нормативную очистку воды и отсутствие проблем в эксплуатации.

1.3. Небольшое количество информации об устройстве Carat-S не позволяет оценить его эффективность и возможность улучшения эксплуатационных качеств.

1.4. Наиболее габаритным является комплекс GreenRock 05; однако его большие размеры оправданы.

1.5. Самым наилучшим вариантом очистного устройства по степени очистки представляется GreenRock 05 (очистка анаэробным септиком и биофильтром осуществляется на 95%).

2. Выводы по предложенным авторами требованиям:

2.1. Конструкцией, обеспечивающей качественную работу септика и его обслуживание, является септик YES!

2.2. Наиболее полный пакет документации предоставлен для септика YES!

2.3. Самая подробная инструкция по пользованию очистным устройством представлена у септика GreenRock 05.

3. Общие выводы:

3.1. Можно констатировать, что все рассмотренные анаэробные септики имеют конструктивные недостатки, усложняющие их эксплуатацию и снижающие качество очистки сточной воды.

3.2. Некоторые анаэробные септики имеют элементы, наличие которых не обосновано, но удорожает все изделие.

3.3 Представленные на сайтах производителей анаэробных септиков материалы малоинформативны и носят, в основном, рекламный характер.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хаммер М. Технология обработки природных и сточных вод. Пер. с англ. – М.: Стройиздат. 1979. – 400 с.

2. Хенце М. Очистка сточных вод: Биологические и химические процессы: пер. с англ. / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. – Москва: Мир, 2004. – 480 с.

3. Данилович Д.А. Наилучшие доступные технологии для коммунального водоотведения / Д.А. Данилович // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – М. – 2012. – № 3. – С. 6–13.

4. Кунахович А.А. Установка глубокой очистки бытовых сточных вод для применения в поселках северной климатической зоны / А. А. Кунахович // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – М. – 2012. – № 5.– С. 61–65.

5. Pavlov S., Novikov A., Pavlov A., Nikonova O., Semanina E., Zafarov R., Wenkel K.-O. Methods of Improving Water Treatment Systems for Individual Residential Houses // Matec Web of Conferences.2016.V.73. (DOI: 10.105/matecconf/20167303005).

6. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения.

7. Официальный сайт компании ООО "БИИКС" [электронный ресурс]. – URL: https://www.avtonomno.ru/articles/dvukhkamernye-septiki/.

8. Официальный сайт компании ООО "Левша" [электронный ресурс]. – URL: http://www.graf-voda.com.ua/files/septik_carat_s.pdf.

9. Официальный сайт компании ООО "Финские технологии" [электронный ресурс]. – URL: http://www.greenrock.ru/septik-greenrock-mini-05-s.

10. Официальный сайт компании ООО "ТехПромРесурс" [электронный ресурс]. – URL: http://www.tpres.ru/assets/files/2017/Паспорт-изделия-Flotenk-STA-YES!.pdf.

УДК 624.046

Д.О. Семашкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНАЯ РАБОТА УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДИАГОНАЛЬНО-СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧКОВЫХ КАРКАСОВ

Актуальность. Диагонально-сетчатые оболочки (ДСО) в последние десятилетия стали активно применяться в качестве каркаса для целого спектра зданий с различным назначением, формой, высотой и пролетами. В таких конструкциях привычные вертикальные несущие элементы, колонны, по периметру здания заменяются наклонными элементами, образующими структурную оболочку здания с характерным ромбовидным узором. Однако, подобные конструкции имеют ряд особенностей, затрудняющих процесс их проектирования, в том числе сложность разработки узловых соединений элементов каркаса. Узловые соединения рассматриваемых конструкций из-за характера работы диагонально-сетчатых оболочек воспринимают целый спектр различных нагрузок, изменяющихся по активности, величине и характеру приложения. В Российской практике проектирования практически отсутствует необходимая документация для конструирования и создания подобных узлов, не исследованы принципы работы и факторы, влияющие на их несущую способность.

Методы исследования. В работе проведены численные исследования в ПК «ANSYS» разработанной модели узлового соединения ДСО под статической нагрузкой. Определены зоны концентраторов напряжений и общий характер работы соединения.

Цель работы – определение основных факторов, влияющих на эффективность работы узловых соединений ДСО на основе исследований их напряженно-деформированного состояния (НДС).

Задачи работы. Рассмотреть основные принципы конструирования ДСО. Разработать оптимизированную модель узлового соединения и рассмотреть его работу под различными статическими нагрузками. Определить наиболее ответственные зоны конструкции соединения. Выявить факторы, определяющие процесс конструирования узловых соединений ДСО.

Для предварительной разработки конструктивной схемы с использованием диагонально-сетчатых оболочковых систем необходимо, как правило, пройти следующие шаги:

- разбиение здания на модули с повторяющимся рисунком;
- предварительный выбор геометрии модуля (наклон диагональных элементов, соотношение высоты и размеров в плане и т.д.) с учетом габаритов здания;
- назначение типа сечения элементов;
- предварительное назначение площади сечения, основанное на жесткости (stiffness-based design);
- предварительное конструирование узловых соединений, учитывающее необходимую степень жесткости/податливости.

По методике предварительного назначения площади несущих элементов ДСО, разработанной профессором K.S. Moon [1], а также на основе его исследований [2–5] была разработана оптимизированная модель узлового соединения, при этом угол наклона диагональных элементов составил 69°.

Расчетная схема модуля для назначения предварительных сечений представлена рис. 1.

По методике, предложенной K.S. Moon, площадь сечений элементов определяется следующим образом:

$$A_{d,w} = \frac{VL_d}{2N_{d,w}E_d h\gamma\cos^2\theta};$$

$$A_{d,f} = \frac{2ML_d}{(N_{d,w}+\delta)B^2E_d h\chi\sin^2\theta},$$

где $A_{d,w}$ – площадь каждой диагонали в плоскости Web, м^2; $A_{d,f}$ – площадь каждой диагонали в плоскости Flange, м^2; V – поперечная сила, кН; M – изгибающий момент, кН· м; L_d – длина диагонали, м; E_d – модуль упругости стали, кН/м^2; θ – угол наклона диагоналей; γ – деформация сдвига; χ – кривизна; $N_{d,w}$ – количество диагоналей в плоскости Web; $N_{d,f}$ – количество диагоналей в плоскости Flange; δ – вклад диагоналей в плоскости Web в изгибную жесткость здания; B – ширина здания в направлении прикладываемой нагрузки, м.

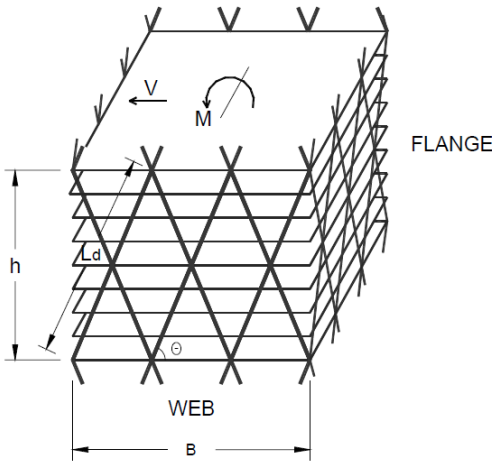


Рис. 1. Расчетная схема модуля ДСО
для определения предварительных сечений элементов

При этом деформации сдвига и изгиб должны удовлетворять требованиям по жесткости и их суммарный вклад в смещение верха здания должен обеспечивать допустимые значения этого параметра согласно нормам:

$$u(H) = \gamma^* H + \frac{\chi^* H^2}{2},$$

где H – высота здания, м; $u(H)$ – смещение верха здания, м; γ^* – требуемая деформация сдвига; χ^* – необходимая кривизна.

Узловое соединение диагонально-сетчатых оболочек (ДСО) представляет собой более сложную структуру, по сравнению с стандартным ортогональным узлом, и передает повышенные нагрузки, изменяющиеся по высоте здания в зависимости от преобладающих воздействий.

В узел ДСО приходит, как правило, 6 элементов конструкции, соединенных между собой центральным элементом:

– 4 диагональных элемента, воспринимающие основные нагрузки системы, как вертикальные, так и горизонтальные;
– 2 горизонтальных элемента, создающие триангуляцию внутри модуля, а также выполняющие функции несущих балок перекрытия и горизонтальных колец жесткости системы.

Большим отличием между обычными структурными конструкциями и ДСО является то, что оболочковая система воспринимает весь комплекс нагрузок здания, что значительно сказывается на размерах элементов конструкции, а, следовательно, и на ее узлах и их сложности. Весь каркас здания с оболочковой системой можно рассматривать как консольную балку, защемленную у основания, для эффективной работы которой на нижних этажах здания узлы должны обеспечивать работу элементов в основном на вертикальные нагрузки, а на верхних активно воспринимать горизонтальные усилия и динамические нагрузки. Теоретически все узлы ДСО могут быть выполнены шарнирными, так как за счет триангуляции создается шарнирный треугольник, который является жестким диском. Это означает, что нагрузки, действующие на элементы, являются осевыми (растяжение или сжатие) и что через узлы передаются только продольные силы. Однако, на практике для узла необходима определенная жесткость для

обеспечения передачи усилий в процессе монтажа конструкций и для обеспечения геометрической неизменяемости соединения, пока окончательная сетка триангуляции не будет завершена. Это менее опасно для малоэтажных сооружений, поскольку не так сложно обеспечить временное крепление для низкого здания, чем для высотного. То, что становится очевидным при изучении узлов башен с ДСО – это важность обеспечения того, что усилия должны передаваться именно через осевое действие, а, следовательно, все элементы должны быть четко выравнены и их оси должны сходиться в центре узла.

На основе этих соображений при оптимизации модели узлового соединения вносились необходимые корректировки, и после разработки окончательной геометрии была создана твердотельная модель, представляющая основу для решения краевой задачи методом конечных элементов в ПК «ANSYS».

Решение методом конечных элементов поставленной краевой задачи осуществляется ПК «ANSYS» в три этапа:

1. Основа КЭ модели объекта исследования:
   - установка физического типа задачи и настройка программы;
   - выбор типа КЭ;
   - выбора материала объекта и указание свойств;
   - построение геометрической твердотельной модели;
   - разбивка на КЭ геометрической модели;
   - установка контактных параметров, если это необходимо.
2. Физические условия и решение задачи:
   - граничные условия;
   - выбор типа анализа (статический, динамический и т.д.);
   - решение системы уравнений МКЭ.
3. Анализ результатов расчета.

Данная задача рассматривалась в симметричной постановке, т.е. была замоделирована половина узловой конструкции, а в плоскости оси симметрии наложены жесткие связи по всем направлениям. Центральная пластина и наклонные пластины представляют собой одно твердое тело, так как предполагается, что данный элемент изготавливается как единая конструкция на заводе. Между контактными пластинами диагональных элементов и центральной соединительной деталью задан жесткий контакт, заменяющий болтовое соединение. На систему были приложены перерезывающие усилия по двум направлениям, создающие моменты в теле пластины, а также распределенное давление по сечению труб.

Рассмотрим воздействие отдельных видов нагрузок на узловое соединение (рис. 2–4).

а) *б*)

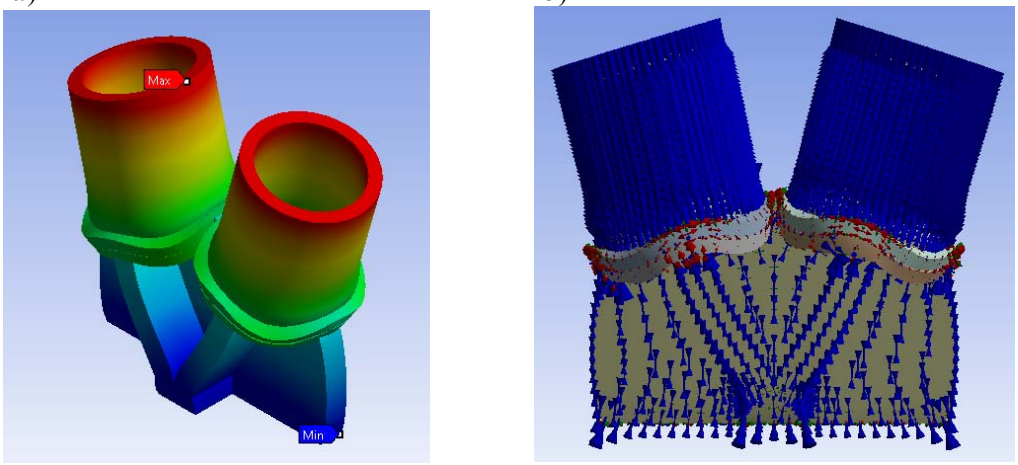


Рис. 2. Узловое соединение под сжимающей нагрузкой:
а – деформированная схема; *б* – вектора главных напряжений в системе

а) *б*)

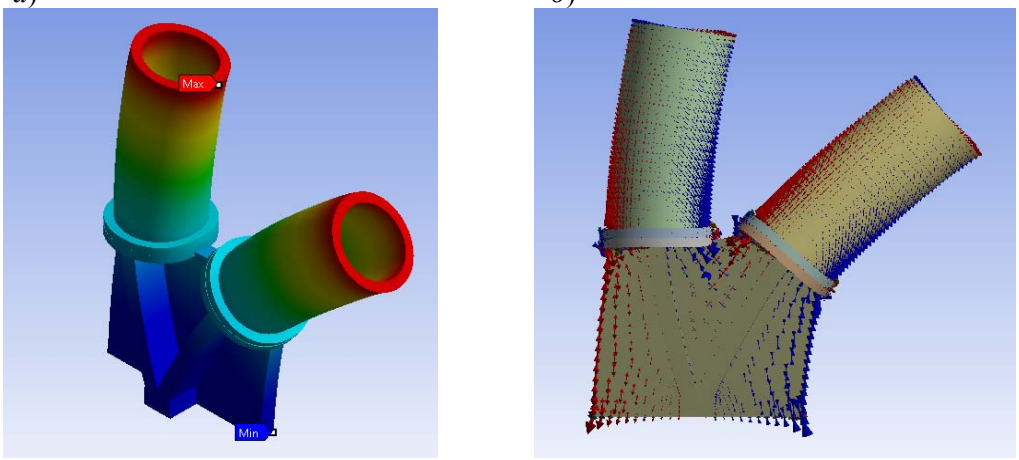


Рис. 3. Узловое соединение под горизонтальной нагрузкой в плоскости центральной пластины:
а – деформированная схема; *б* – вектора главных напряжений в системе

а) *б*)

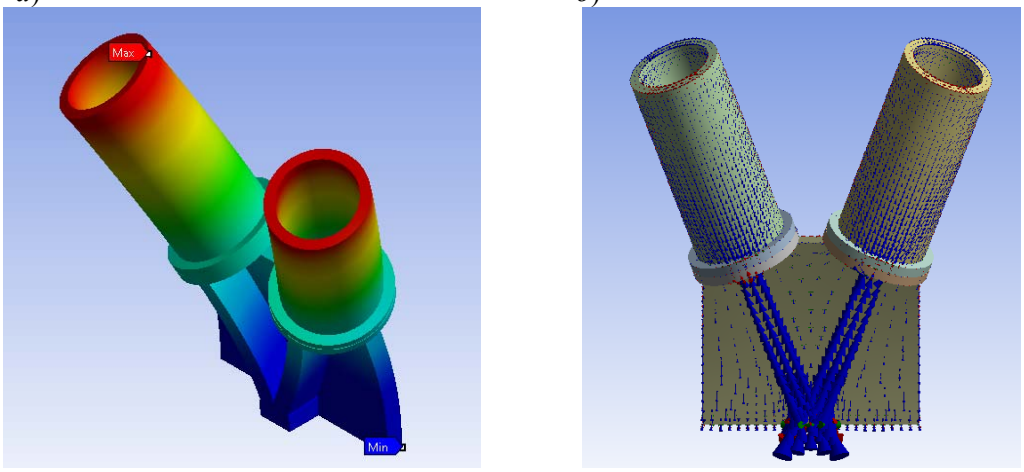


Рис. 4. Узловое соединение под горизонтальной нагрузкой из плоскости центральной пластины:
а – деформированная схема; *б* – вектора главных напряжений в системе

В зоне контактных пластин образуются растягивающие напряжения, пластины утончаются и изгибаются. Наиболее высокие сжимающие напряжения образуются в срединной зоне и в местах контакта центральной пластины с контактными. Изгиб в одном направлении воспринимается в основном центральной пластиной, при этом образуются концентраторы напряжений в зонах между диагональными элементами в центральной пластине. Изгиб в другом направлении воспринимается в основном диагональными пластинами, при этом образуются концентраторы напряжений в зоне контактных пластин. Деформации пластины позволяют сделать вывод, что при данном типе нагрузки узел ведет себя довольно податливо, а значит в некоторых случаях (при небольшой толщине центральной и диагональных пластин) в данной плоскости должна учитываться шарнирность узла в общей модели здания.

Выводы. При конструировании узловых соединений ДСО и обеспечения эффективной работы следует учитывать следующее:

– образование концентраторов напряжения в зонах контактных пластин и центральной части, проведение расчета на смятие для данных элементов;
– сечение диагональных пластин подбирается из условия обеспечения несущей способности для момента из плоскости центральной пластины;

- сечение центральной пластины подбирается из условия обеспечения несущей способности для момента в плоскости центральной пластины;
- толщина элементов должна обеспечивать местную устойчивость сжатых пластин;
- необходимо использование цельно-изготовляемой центральной соединительной детали;
- необходимость во фрезеровании контактных поверхностей;
- расчет общей схемы здания с учетом возможного образования шарнира по направлению горизонтальных элементов (за счет толщины вертикальной пластины);
- обеспечение необходимой жесткости конструкции при монтаже.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Moon K. Design and Construction of Steel Diagrid Structures. – School of Architecture. Yale University. New Haven. USA, 2009. – P. 398–405.

2. Moon K.S., Connor, J.J. & Fernandez, J.E. Diagrid Structural Systems for Tall Buildings: Characteristics and Methodology for Preliminary Design. The Structural Design of Tall and Special Buildings. 2009. Vol. 16.2. pp. 205–230.

3. Moon K.S. Diagrid structures for complex-shaped tall buildings. Procedia Engineering. 2011. 14. pp. 1343-1350.

4. Moon K.S. Structural Design and Construction of Complex-Shaped tall buildings. International Journal of Engineering and Technology. 2015. Vol. 7. No.1. pp. 30–35.

5. Moon K.S. Sustainable Design of Diagrid Structural Systems for Tall Buildings. International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development. 2011. 2. pp. 37–42.

УДК 627.24

А.Е. Харсеев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ГРУЗООБОРОТА НЕФТИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Цель работы – обеспечение дальнейшего развития энергетического потенциала Дальнего Востока. Для достижения поставленной цели необходимо запроектировать нефтеналивной причал, пригодный к нормальной эксплуатации при оперировании с судном дедвейтом более 200 тыс. т в Японском море. Задачами работы был выбор места строительства, подбор расчетного судна, рассмотрение конструктивных типов сооружения и расчетное обоснование выбранного варианта при действии на него основного сочетания нагрузок [1–3].

Топливная и энергетическая промышленность являются важнейшими для государства. Нефть находится на втором месте в списке потребления первичных энергоресурсов в России после газа. В современных условиях значительную долю экономической государственной деятельности РФ занимает добыча ресурсов и распределение их по различным направлениям использования, среди которых находятся перевозки грузов внутри собственной территории и продажа другим государствам. Затраты энергии и топлива на перемещение груза через водное пространство являются небольшими, вследствие чего при возможности переправить груз морем, реками и каналами часто оказывается наиболее выгодным использование именно водного транспорта. Для осуществления операций с судами необходимо устройство портов: крупных транспортных узлов, связывающих большинство видов транспорта – морской, речной, железнодорожный, автомобильный. Порты обеспечивают перевалку более 80% объема грузов внешней торговли России. Для обеспечения работы с танкерами, перевозящими нефтепродукты во внутренних отсеках (танках), необходимо устройство специальных

нефтеналивных причалов, отличающихся от других сооружений перегрузочным оборудованием, конструкцией и зачастую большой глубиной у причала [1].

Актуальность и практическая значимость данной работы обосновывается увеличением грузооборота нефти в России и в мире, недавним введением в эксплуатацию трубопровода Восточная Сибирь – Тихий Океан для транспортировки нефти к побережью Японского моря, а также перспективой использования в портах России крупнотоннажных танкеров класса VLCC (супертанкеров), для которых характерны большие габаритные размеры и осадка в грузу.

Основной объем экспорта нефти в дальнее зарубежье приходится на порты Балтийского, Черного и Японского моря. За последние годы произошло перенаправление части нефти с европейского рынка на восточный. Дальнейшие увеличения нефтеналивных грузооборотов возможны для портов Японского моря, вследствие чего именно оно было выбрано в качестве потенциального для размещения нового гидротехнического сооружения. Японское море является важной транспортной зоной, поскольку позволяет осуществлять не только каботажные морские грузоперевозки, но и перевозки как между перечисленными странами, так и в любую точку мира с отправлением из портов, расположенных в пределах данного моря. Для выбора места строительства был рассмотрен основной нефтяной грузооборот Японского моря в существующих портах РФ, который приходится на порты: Находка, Восточный, Ванино, Де-Кастри [4]. В порту Ванино нефтеналивной терминал включает три причала. Резервуарный парк позволяет хранить 200 тыс. м^3 нефтепродуктов. Перегрузочные мощности обуславливают пропускную способность терминала, равную 3 млн. т в год. В порту Де-Кастри находится рейдовый одноточечный причал для швартовки крупнотоннажных танкеров, вынесенный в море на расстояние 6 км, пропускная способность – 12 млн т в год. В порту Находка нефтяная пропускная способность 7,36 млн. т в год. На территории порта Восточный находятся три оператора нефтеналивных терминалов с общей пропускной способностью более 30 млн т в год. Основным оператором является «Спецморнефтепорт Козьмино», причальные сооружения которого позволяют оперировать с судами дедвейтом до 150 тыс. т. По итогам 2015 года грузооборот терминала в Козьмино составил 30,44 млн. т (рост на 50% по сравнению с показателями 2010 года: 15,3 млн. т), по итогам 2017 года – 31,7 млн. т [5, 6]. В последние годы идет активное развитие трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО), транспортирующей нефтепродукты от Тайшета в Иркутской области до порта Козьмино на побережье Японского моря. Пропускная способность ВСТО равна 58 млн. т в год, от Сковородино построено ответвление трубопровода в Китай пропускной способностью 20 млн. т в год [7]. Данная пропускная способность ВСТО потенциально способна увеличить грузооборот терминала в Козьмино до 38 млн. т в год. Также перспектива развития порта Восточный связана со строительством «Приморского нефтеперерабатывающего завода». Терминал порта Восточный в бухте Козьмина уже работает на пределе своей пропускной способности, что подтверждает пользу строительства нового причала именно в этом районе.

Доля российского экспорта нефтепродуктов из портов Японского моря приходится на удаленные государства: США, Сингапур, Таиланд, Австралия, страны Европы и другие страны мира, где может быть выгодным осуществление морских грузоперевозок при помощи супертанкеров [8]. По данным на 2014 год в мире эксплуатируется 623 единицы супертанкеров VLCC категории (дедвейт более 200 тыс. т), данное направление является перспективным, новые супертанкеры строятся крупнейшими судоходными компаниями каждый год [9, 10]. Одной из основных перспектив развития морских грузоперевозок в России является использование именно российского флота для осуществления международных перевозок, в частности, стратегических грузов, также в ближайшем будущем начинается строительство супертанкеров с двойной обшивкой и ледовым классом, которые позволят осуществлять круглогодичную навигацию в замерзающих морях. У российской компании Sovcomflot Group,

находящейся на 9-м месте в мире по размеру танкерного флота [10], есть 2 супертанкера типа VLCC, один из которых («SVET»: длина 332 м, ширина 60 м, дедвейт 321075 тонн, осадка в грузу 22,6 м) принят в качестве расчетного для проектирования нефтеналивного причала, поскольку имеет схожие размеры с проектируемыми супертанкерами с ледовым классом, применимыми для работы на данном участке моря.

На выбранном участке строительства может быть применено большое количество различных конструктивных решений. В данной работе более подробно были рассмотрены положительные стороны, недостатки и характерные особенности конструкций следующих вариантов: тонкая свайная причальная стенка с двумя ярусами анкеровки (положительные стороны: малый расход материалов и количество элементов по сравнению с другими вариантами, близость к береговому резервуарному парку; недостатки: очень большой дорогостоящий шпунт и анкерная система вследствие большой глубины у кордона, производство подводных работ для установки нижнего яруса анкеровки, очень большое количество земляных работ: сначала значительные дноуглубительные, затем обратная засыпка), высокий свайный ростверк с передней шпунтовой стенкой (положительные стороны: малое занимаемое пространство акватории, защищенность свай от коррозии и истирающего воздействия; недостатки: очень большой дорогостоящий шпунт, более трудоемкий расчет стенки и свай, большие сроки строительства, большее количество свай по сравнению с больверком), высокий свайный ростверк с задней шпунтовой стенкой (положительные стороны: меньший объем земляных работ по сравнению с больверком и ростверком с передней шпунтовой стенкой, причал занимает малую площадь акватории по сравнению со следующими вариантами, близость к береговому резервуарному парку, шпунт дешевле; недостатки: более трудоемкий расчет стенки и свай, большие сроки строительства, большее количество элементов по сравнению с больверком, потребность в антикоррозионных покрытиях для стальных свай), сквозной причал на стальных сваях (положительные стороны: отсутствие земляных работ, меньшие горизонтальные нагрузки, малые сроки возведения; недостатки: удаление от берега для обеспечения судоходных глубин у причала может быть невозможным в ограниченном пространстве бухты, потребность в антикоррозионных покрытиях для стальных свай, большие расходы металлических материалов для свай и верхнего сооружения), плавучий заякоренный одноточечный причал (положительные стороны: отсутствие земляных работ, быстрые сроки строительства, малый расход материалов; недостатки: в малом пространстве бухты Козьмина трудно раскрепить систему заякорения таким образом, чтобы гибкие связи предоставляли возможность судну подходить к причалу, возможность судна перемещаться вокруг точечного причала для уменьшения воздействия ветра в бухте отсутствует, гибкий трубопровод является нежелательным, поскольку бухта является средой обитания огромного количества представителей флоры и фауны с очень благоприятными условиями, любые утечки могут привести к экологической катастрофе в данном районе, также для возведения плавучего одноточечного причала необходимо будет вынести его за пределы бухты на незащищенный от волнения, течения и ветра участок в открытую акваторию залива Находка, что приведет к сильному удлинению трубопроводов, подходящих к причалу, более неблагоприятному оперированию с судами при сильно выраженном волнении, увеличению количества и размеров боновых ограждений, выставляемых при погрузо-разгрузочных работах с танкером). Для окончательного выбора конструкции должно быть проведено технико-экономическое сравнение возможных вариантов сооружений, запроектированных на расчетные нагрузки [1–3].

Среди рассмотренных вариантов благодаря меньшему занимаемому пространству акватории, возможности обеспечения расчетной глубины при более дешевых сечениях шпунта и свай, меньших объемах земляных работ и близости к береговой нефтебазе в качестве основного для расчета принимается набережная в виде высокого свайного ростверка с задней шпунтовой стенкой [11–14].

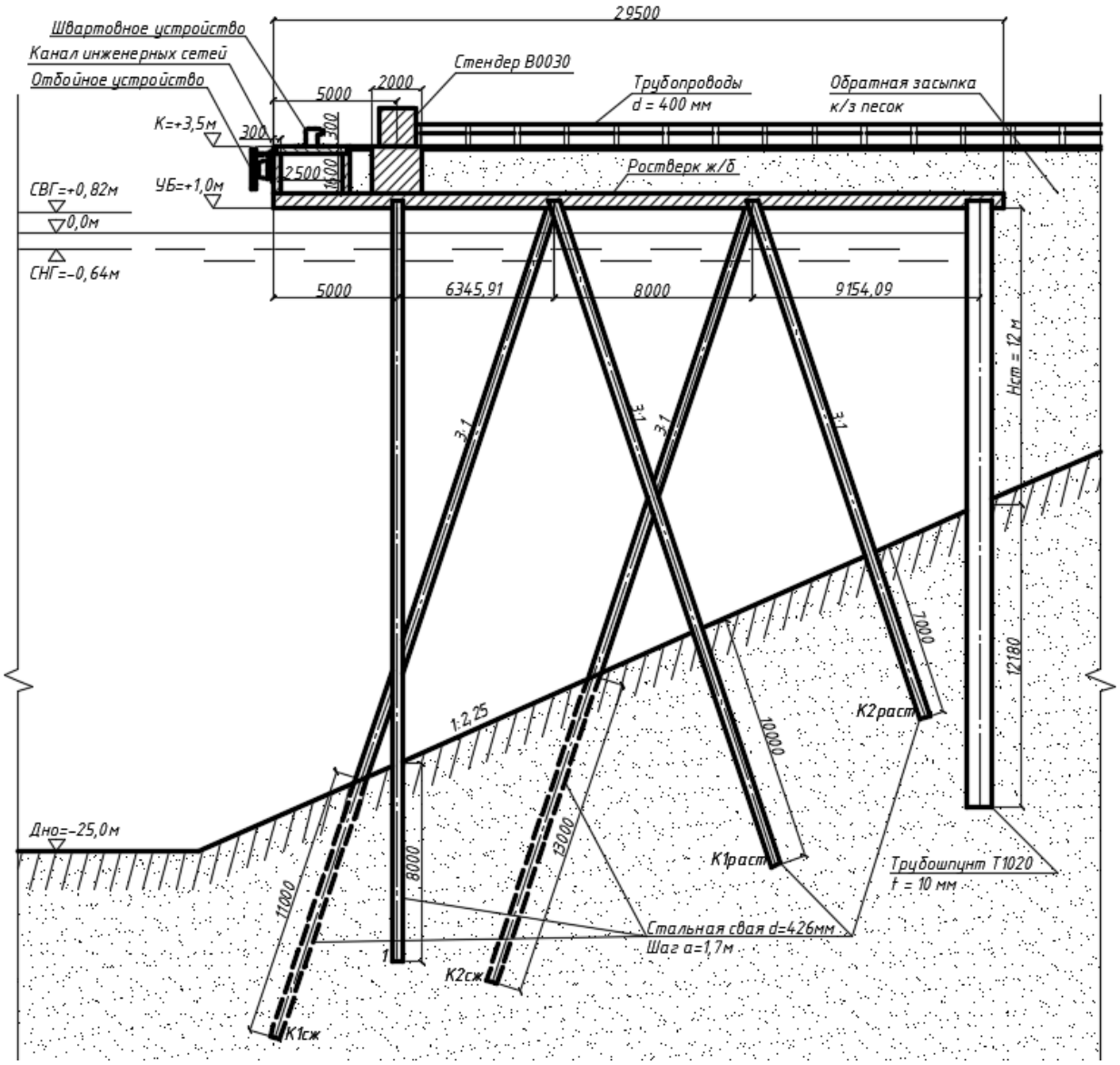


Рис. 1. Поперечное сечение основной секции причала в виде высокого свайного ростверка

Сооружение возводится в защищенной от волнения бухте Козьмина. Расчет высокого свайного ростверка с задней несущей шпунтовой стенкой производился на основное сочетание нагрузок. После определения габаритных размеров сооружения находилась глубина забивки шпунтовой стенки на основании графоаналитического расчета. Был найден изгибающий момент в стенке. Затем определялись продольные усилия в сваях, при этом считалось, что горизонтальные нагрузки, приложенные к ростверку, воспринимаются только наклонными сваями. По продольным усилиям была вычислена глубина забивки свай, обеспечивающая требуемую несущую способность для устойчивости сооружения. Поскольку шпунтовая стенка в данном сооружении является несущей, она также воспринимает продольные усилия. По несущей способности шпунта было подобрано сечение стенки [1, 2]. Также были предусмотрены конструктивные элементы, необходимые для эксплуатации нефтеналивного причального сооружения.

По расчету были приняты: задняя стенка из стального трубошпунта Т1020 с толщиной стенок 10 мм, ростверк с одним рядом вертикальных свай и двумя рядами козловых опор из стальных труб диаметром 426 мм и толщиной стенок 12 мм. Длина всего сооружения: 365 м, длина основной секции (со стендерным оборудованием и трубопроводами): 22,1 м. Поперечное сечение основной секции причального сооружения представлено на рис. 1.

Выводы. В ходе выполнения работы было запроектировано причальное сооружение в виде высокого свайного ростверка с задней несущей шпунтовой стенкой. Для этого было выбрано место строительства: бухта Козьмина в заливе Находка, где располагается узел перегрузки нефтепродуктов с ВСТО на танкеры для экспорта в другие страны. Были рассмотрены конструктивные особенности, достоинства и недостатки пяти вариантов конструкций нефтеналивного причала, выбран один основной, для которого произведен расчет на основное сочетание нагрузок.

В перспективе на основании данной работы можно осуществить более детальную проработку сооружения, включая устройство швартовных палов, расчет пропускной способности причала, расчет на ледовые, волновые и особые нагрузки, а также технико-экономическое сопоставление остальных рассмотренных вариантов нефтеналивного причального сооружения для выбора конечной, экономически выгодной или подходящей для внешних условий конструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кульмач П.П., Филиппенок В.З., Заритовский Н.Г. Морские гидротехнические сооружения. Часть II. Причальные, шельфовые и берегоукрепительные сооружения / ЛВВИСУ. – Л.: 1991. – 391 с.
2. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. Утвержден Приказом Минрегиона России от 29 декабря 2011 г.
3. СП 287.1325800.2016. Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – М., 2016.
4. Грузооборот морских портов России. Ассоциация морских торговых портов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.morport.com/rus/news/document1842.shtml.
5. Сайт ООО «Транснефть – Порт Козьмино». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kozmino.transneft.ru/stabylity/ecobez/.
6. Грузооборот портов Дальневосточного бассейна РФ по итогам 2015 года увеличился на 5,2% до 170,9 млн. т. Морские вести России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.morvesti.ru/detail.php?ID=52189&sphrase_id=572642.
7. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org.
8. Нефтяные танкера. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://seagulf.ru/tanker3.php.
9. Мировой танкерный флот. Морские вести России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=31948.
10. Выпуск журнала «TANKER Operator», март 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.tankeroperator.com.
11. Малеванов К.А., Шхинек К.Н., Беляев Н.Д. Сравнительный анализ технического состояния морских гидротехнических сооружений за пятилетний период эксплуатации. XXXIV неделя науки СПбГПУ. Материалы НТК. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – С. 3–4.
12. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. № 1 (49). С. 185–193.
13. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А., Ялышев А.И. Анализ дефектов причальных и берегоукрепительных сооружений по результатам обследований 2013 г. XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК. НОЦ ВИЭ. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С. 85–88.
14. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Вилькевич В.В. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110–117.

УДК 69.04, 624.13

А.В. Яваров, Ю.Ю. Головченко, Е.А. Гребенюк
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОПРЯЖЕНИЕ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ В УЗЛАХ ПРИ СОВМЕСТНЫХ РАСЧЕТАХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ ОСНОВАНИЙ

Решение задач совместного расчета сооружений и их оснований повсеместно выполняется с применением метода конечных элементов. В пространственном случае строительные конструкции, как правило, задаются в расчетных моделях стержневыми и пластинчатыми конечными элементами [1, 2], а грунты основания – объемными элементами [3].

При этом возникает проблема сопряжения конечных элементов с различным количеством степеней свободы в узлах [1]. В общем случае для каждого узла стержня или оболочки допустимы три перемещения и три поворота [4]. Такие же степени свободы должны быть и у узлов объемных конечных элементов. Однако из-за применения в инженерном деле симметричной теории упругости для узлов объемных элементов возможны лишь три перемещения [5, 6].

Целью настоящей работы является описание проблемы сопряжения конечных элементов с различным числом степеней свободы в узлах. В качестве приложения рассматриваются совместные расчеты сооружений и их оснований.

Необходимость построения расчетных моделей с использованием стержневых, оболочечных и объемных конечных элементов является характерной особенностью решения геотехнических задач:

1) расчет осадок плитных и свайных фундаментов;
2) расчет ограждений котлованов;
3) расчеты подземных трубопроводов;
4) расчеты тоннелей.

Из перечисленных задач наиболее ярко проблема сопряжения элементов может быть проиллюстрирована на примере задачи о расчете стержня в трехмерной сплошной среде, соответствующей случаю моделирования сваи в массиве грунта.

Размерность матрицы жесткости пространственного двухузлового стержня составляет 12x12. В линейном случае деформации изгиба стержня не связаны ни со сжатием-растяжением, ни с кручением. Для подтверждения данного факта рассмотрим подматрицу K_{11} стержневого пространственного конечного элемента Бернулли–Эйлера:

$$K_{\text{стержня}} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{pmatrix}, \quad K_{11} = \begin{pmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GI_{\text{кр}}}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & 0 & \frac{4EI_y}{l} & 0 \\ 0 & \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{l} \\ -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \tag{1}$$

где l – длина стержня; $EA, EI_z, EI_y\, GI_{\text{кр}}$ – жесткости стержня на растяжение-сжатие, изгиб, кручение.

В каждом ненулевом элементе матрицы присутствует только одна жесткость. Элементы подматриц K_{12}, K_{21}, K_{22} отличаются от элементов K_{11} только знаками.

При повороте стержня сплошная среда не сопротивляется кручению стержня. Таким образом, если решать описанную задачу без наложения дополнительных связей, возникает геометрически изменяемая система (рис. 1). При этом не имеет значения факт рассмотрения линейно-упругой или упруго-пластической сред. В обоих случаях результаты будут аналогичны.

Если в качестве примера в программном комплексе Лира-САПР задать расчетную схему стержня, защемленного в линейно-упругом основании и нагруженного крутящим моментом на конце (рис. 1), то программа укажет на формирование геометрически изменяемой системы.

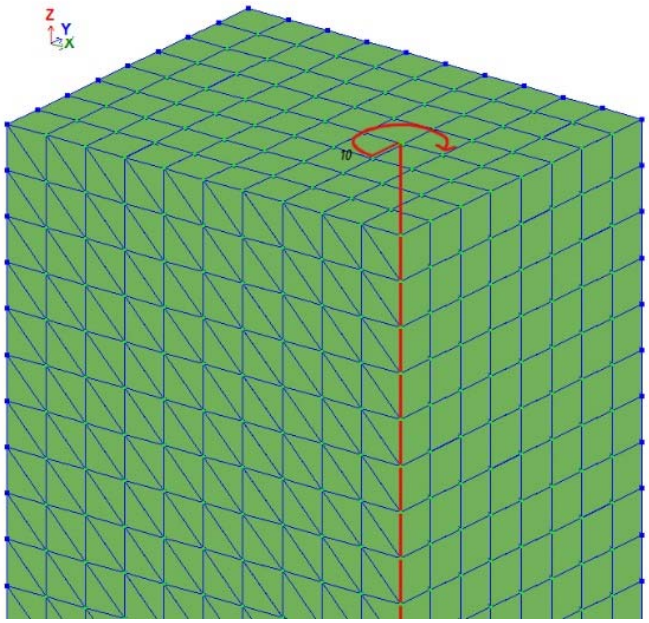


Рис.1. Геометрически изменяемая система.
Поворот стержня в сплошной среде. Четверть расчетной схемы

Таблица 1. Результаты численных расчетов в программном комплексе Лира-САПР

Закрепление стержня	Поворот стержня, рад	Максимальные горизонтальные перемещения свободного конца стержня, мм	
	Случай приложения сосредоточенного момента (рис. 1)	Случай приложения сосредоточенного момента и поперечной силы (рис. 2)	Случай приложения поперечной силы
Все узлы стержня свободны	Геометрически изменяемая система	-17,129	-17,129
Во всех узлах стержня запрещено кручение	0	-17,129	-17,129

При добавлении в модели действие поперечной нагрузки, программа выполнит расчет без указания на возникновение геометрически изменяемой системы (рис. 2). Данный результат противоречит кинематическому анализу [8] – система не может стать геометрически неизменяемой при добавлении новой нагрузки. Поскольку полученные результаты соответствуют случаю действия поперечной нагрузки на стержень без действия

сосредоточенного момента, программа, вероятно, выполнила автоматическое преобразование модели – см. табл. 1.

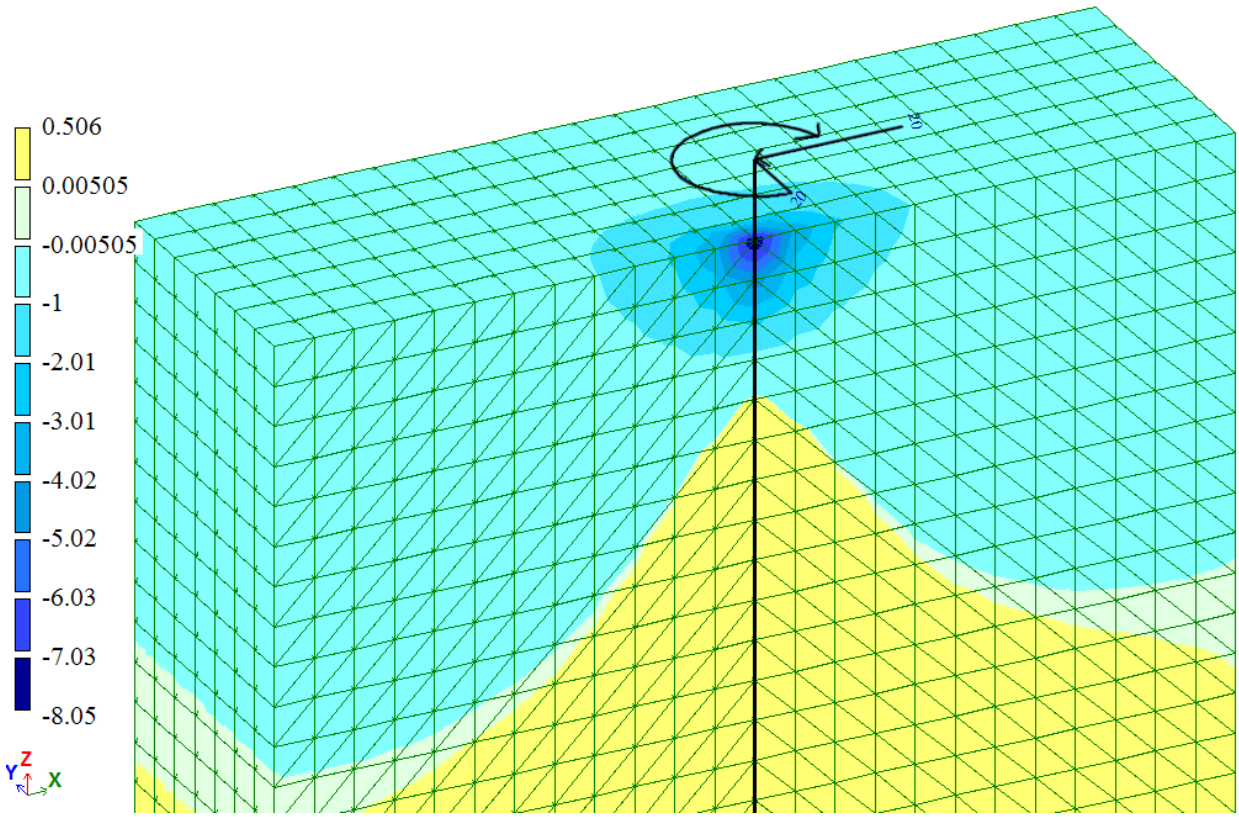


Рис. 2. Горизонтальные перемещения сплошной среды при одновременном действии на свободный конец стержня поперечной силы и крутящего момента, мм. Половина расчетной схемы

Аналогичные результаты получены также в программном комплексе SCAD (табл. 2 и рис. 3, 4).

Таблица 2. Результаты численных расчетов в программном комплексе SCAD Office

Закрепление стержня	Поворот стержня, рад	Максимальные горизонтальные перемещения свободного конца стержня, мм	
	Случай приложения сосредоточенного момента (рис. 3)	Случай приложения сосредоточенного момента и поперечной силы (рис. 4)	Случай приложения поперечной силы
Все узлы стержня свободны	Геометрически изменяемая система	-17,66	-17,66
Во всех узлах стержня запрещено кручение	0	-17,66	-17,66

Таким образом, установлено, что в наиболее распространенных программах для расчета строительных конструкций некорректно решается задача об одновременном действии силовой нагрузки и крутящего момента на свободном конце стержня (табл. 1, 2), защемленного в сплошной среде.

Приведенные задачи следует рассматривать в качестве верификационных при тестировании расчетных комплексов.

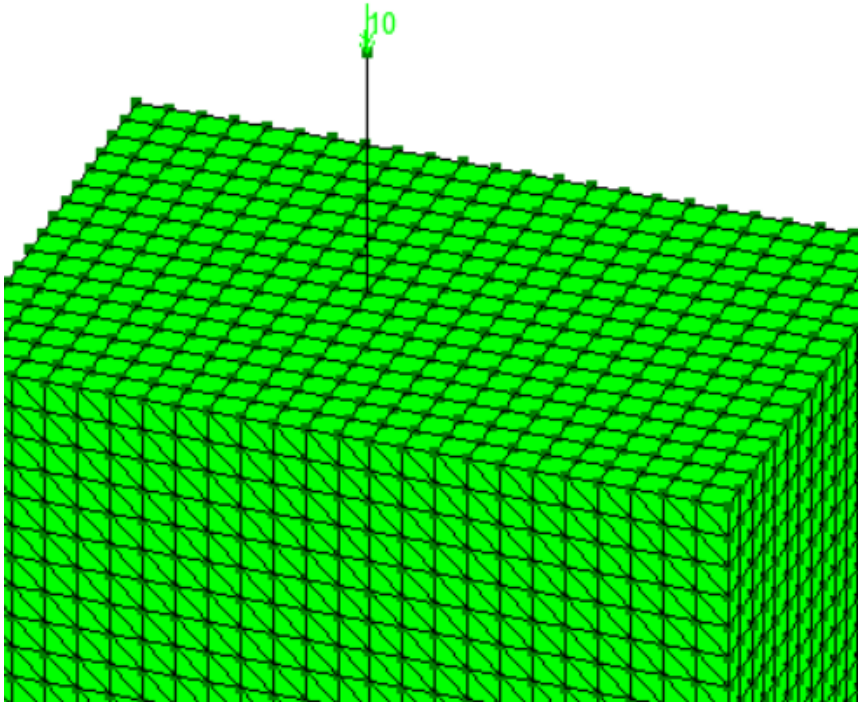


Рис. 3. Геометрически изменяемая система. Поворот стержня в сплошной среде

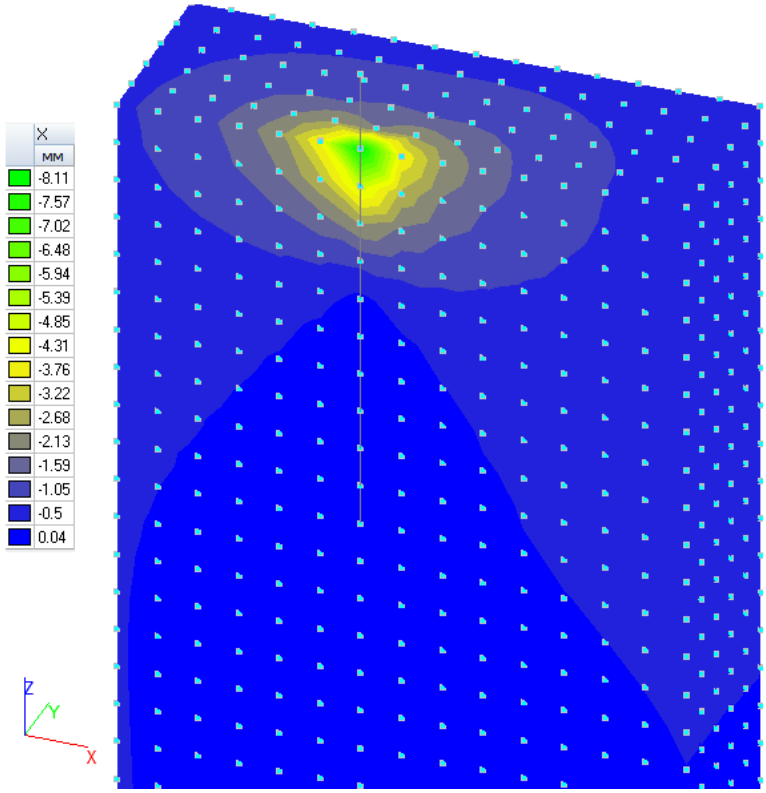


Рис. 4. Горизонтальные перемещения сплошной среды при одновременном действии на свободный конец стержня поперечной силы и крутящего момента, мм. Половина расчетной схемы

Для решения обозначенной проблемы можно добавлять связи в расчетной модели (табл. 1, 2), однако такой подход может оказаться ошибочным, особенно при решении задач устойчивости и динамики.

В плоской постановке задача о сопряжении стержней и сплошной среды имеет ряд особенностей. Во-первых, для узлов конечных элементов плоского стержня допустимо три степени свободы в узле: два перемещения и один поворот. Таким образом, в них не возникает кручения. Во-вторых, сплошная среда сопротивляется горизонтальным и вертикальным перемещениям стержня, в результате чего не образуется геометрически изменяемая система.

Задание расчетных схем в этом случае выполняется с использованием следующих способов [1]: заделка консоли в стену (рис. 5), монолитное сопряжение (рис. 6), сопряжение через абсолютно жесткое тело (рис. 7).

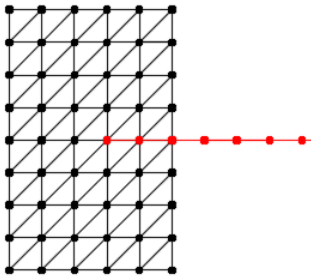


Рис. 5. Заделка консоли в стену

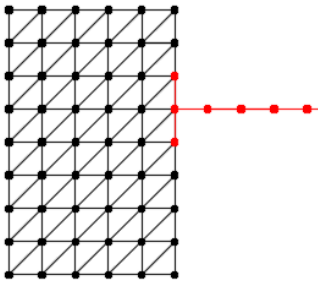


Рис. 6. Монолитное сопряжение

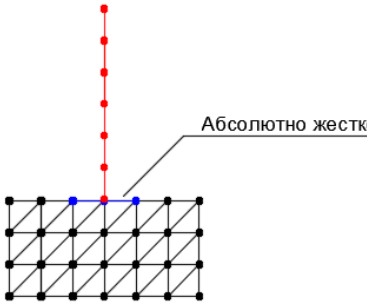


Рис. 7. Через абсолютно жесткое тело

Однако приведенные указания не делают результаты расчетов корректными, поскольку в безмоментной сплошной среде не возникает реакций из-за поворотов стержня [5–7], что происходит в действительности, например, при изгибе шпунтовых стен в массиве грунта.

В целом применение безмоментной теории упругости не позволяет получать корректные решения задач о кручении или изгибе стержня в сплошной среде. Таким образом, представляется актуальным решение численным методом задачи о поведении стержня в моментном континууме Коссера [9, 10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 600 с.

2. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – Киев: Факт, 2005. – 344 с.

3. Яваров А.В. Геометрически нелинейная стержневая модель в задачах расчета подземных трубопроводов. Диссертация на соискание степени кандидата наук. – Санкт-Петербург, 2013. – 151 с.

4. Розин Л.А. Стержневые системы как системы конечных элементов. – Л.: ЛГУ, 1976. – 232 с.

5. Розин Л.А. Задачи теории упругости и численные методы их решения. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 532 с.

6. Лурье А.И. Теория упругости. – М.: Наука, 1970. – 940 с.

7. Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичности. – М.: Физматлит, 2001. – 704 с.

8. Дарков В.А., Шапошников Н.Н. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1986. – 607 с.

9. Лалин В.В., Зданчук Е.В. Об одной модели сыпучих сред. Волны в редуцированной среде Коссера // Инженерно-строительный журнал. № 5. 2012. С. 65–71.

10. Грекова Е.Ф. Моментные взаимодействия твердых тел / Труды XXIII школы-семинара «Анализ и синтез нелинейных механических колебательных систем». С. 218–228.

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 623.437.3.093; 629.03; 629.36

Ю.В. Галышев, Р.Ю. Добрецов, А.А. Красильников
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕМЕНЫ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ МАШИН «ПЕТЕРБУРГСКОГО ТРАКТОРНОГО ЗАВОДА»

Введение. Сегодня на рынке практически не представлены колесные трактора в диапазоне мощности 140–180 кВт (4 тяговый класс) полностью российского производства. В данном сегменте рынка до недавнего времени преобладала продукция Харьковского тракторного завода (порядка 45 % рынка) и компаний John Deere, CNH, AGCO (более 35 % рынка). Аналогично выглядит ситуация в сегменте энергонасыщенных тракторов с мощностью двигателя 330–440 кВт (6–8 тяговый класс). Здесь лидирующие позиции на рынке занимает продукция компаний John Deere, Buhler versatile, Case-NewHolland. На решение актуальной задачи импортозамещения направлен проект, реализуемый АО «Петербургский тракторный завод» (АО «ПТЗ»). Суммарное финансирование (субсидия) проекта, согласно Соглашению №14.578.21.0213 от 03 октября 2016 г., составило 38 млн. рублей, из которых 5 млн. выделено в 2016 г., 19 млн. – в 2017 г., 14 млн. – в 2018 г.

Цель работы – создание и отработка конструкции нового модельного ряда автоматизированных коробок перемены передач и системы управления ими для разрабатываемого семейства тракторов 4 и 6–8 тягового класса.

Метод исследования. При выполнении работы применялись методы теоретической механики, механики грунтов, теории транспортных гусеничных и колесных машин, теории трактора, системного анализа, математического анализа, теории вероятности и теории принятия решений, производилась серия инженерных экспериментов в стендовых условиях.

Первый этап работ выполнялся во второй половине 2016 г. Основными задачами данного этапа являлись анализ рынка современных автоматических и автоматизированных коробок передач и трансмиссий тракторов рассматриваемых классов, методик расчета основных параметров трансмиссии трактора, методик оценки прочности, долговечности и других показателей работоспособности отдельных узлов коробок передач.

Проведенный анализ технических решений практики конструирования трансмиссий тракторов показал, что, с учетом экономической составляющей, обусловленной технологическими особенностями АО «ПТЗ», наибольшими перспективами обладает концепция вальной автоматизированной коробки перемены передач (АКПП) с индивидуальными фрикционами в составе одно- и двухпоточной механической трансмиссии. Такая концепция позволит реализовать переключение передач без разрыва потока мощности, гарантировать взаимозаменяемость нового изделия с серийной коробкой передач, обеспечить высокую преемственность технологических решений по изготовлению деталей и узлов [1–3]. Система управления АКПП должна обеспечивать реализацию всех режимов движения в режимах ручного, дистанционного и автономного управления, а также поддержку технологии передачи данных CAN [4]. При проектировании узлов АКПП проведение расчетов на прочность, долговечность и др. целесообразно производить с помощью программного пакета KISSsoft, поскольку результаты расчетов в наибольшей мере удовлетворяют требованиям российских и международных стандартов. Для оценки адекватности результатов расчета в программном пакете применены расчетные методики, используемые специалистами кафедры [5] и адаптированные к случаю вальной АКПП сельскохозяйственного трактора.

Выполненный проектировочный расчет трактора 4 тягового класса позволил определить основные параметры его трансмиссии, в частности – гамму передаточных отношений АКПП (табл. 1).

Таблица 1. Передаточные отношения АКПП

Диапазон	Передача	Передаточное отношение коробки передач
I (Передний ход)	1–8	7,25; 5,95; 4,95; 4,11; 3,44; 2,84; 2,36; 1,96
II (Передний ход)	9–16	3,30; 2,71; 2,25; 1,87; 1,57; 1,29; 1,07; 0,89
III (Задний ход)	1–4	5,78; 4,78; 3,95; 3,28
IV (Задний ход)	5–8	2,63; 2,17; 1,80; 1,49

Работы по этапу выполнены в полном объеме и в определенный Соглашением о предоставлении государственной субсидии срок.

Второй этап работ выполнен в течение 2017 г. В качестве основных задач этапа следует выделить выбор кинематической схемы АКПП для трактора 4 тягового класса; разработку концепции системы управления (СУ) АКПП; проектирование и создание испытательного стенда; проектирование и создание АКПП и СУ АКПП; испытания АКПП и СУ АКПП в стендовых условиях. Проектирование и создание испытательного стенда выполнены в СПбПУ; проектирование и создание экспериментального образца АКПП и СУ АКПП осуществлены АО «ПТЗ». Испытания экспериментального образца и доводка алгоритмов управления СУ АКПП проведены в лаборатории кафедры ИСУиТС СПбПУ.

Конкурентоспособные кинематические схемы АКПП сравнивались между собой по числу используемых при передаче крутящего момента зубчатых зацеплений (косвенный показатель энергоэффективности), числу валов (показатель технологичности), степеней свободы АКПП (показатель сложности управления) и др.

1. Кинематическая схема коробки на девять передач с реверсом [6].
2. Кинематическая схема коробки с разрезными валами и комбинированные схемы.
3. Семейство кинематических схем АКПП с параллельными грузовыми валами [7].
4. Схема с цельными параллельными валами и минимальным числом ФЭУ (рис. 1).

Существенным недостатком такой схемы является наличие длинных валов, что приводит к проблемам с обеспечением их женскости на изгиб – необходимости увеличения диаметров валов, установки дополнительных опор. Однако такая схема позволяет максимально унифицировать АКПП с серийно выпускаемыми образцами, и была принята к дальнейшему проектированию с перспективой использования на тракторе 4 тягового класса.

Вне зависимости от конкретной кинематической схемы АКПП опционно возможно применение в составе трансмиссии новых узлов (двухпоточный квазибесступенчатый трансформирующий механизм [2], управляемый механизм распределения мощности [8]).

СУ АКПП для трактора 4 тягового класса проектируется с учетом обязательной интеграции в состав системы управления движением трактора с обязательным использованием технологии передачи данных CAN. При работе в автономном режиме за выработку команд отвечает Блок системы беспилотного трактора. В режиме дистанционного управления, или при нахождении оператора на борту выбор режима движения осуществляется человеком. СУ АКПП получает управляющие сигналы, подаваемые оператором (трактористом) на включение того или иного режима (диапазона), переключение передачи, подключение полного привода и т.д. Команды подаются с помощью джойстика и пульта управления. Блок управления СУ АКПП получает сигналы управления, обрабатывает информацию датчиков и систем трактора (управление направлением движения, управление

двигателем). Блок управления соединен CAN-шиной с CAN сплитером и через него – с другими системами трактора: блок управления двигателем, датчики систем трактора, системы беспилотного трактора (при их наличии) со своими датчиками, внешними устройствами (через диагностический разъем) и, таким образом может взаимодействовать с ними. Управляющая программа, заложенная в контроллер блока управления, по запрограммированному алгоритму выдает команды управления исполнительным механизмам СУ АКПП и контролирует (с помощью датчиков системы) выполнение поданных команд.

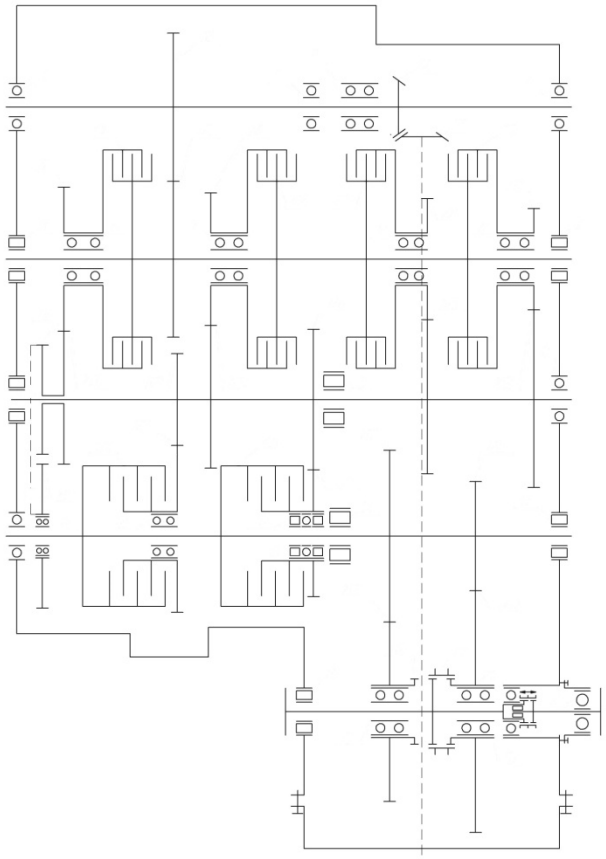


Рис.1. Схема АКПП с минимальным числом ФЭУ

Основные технические характеристики СУ АКПП: рабочее тело – воздух, очищенный не грубее 8-го класса по ГОСТ 17433-80 под давлением от 4 до 8 бар; напряжение цепей управления постоянного тока от 12 В до 36 В; номинальное напряжение питания 24 В; максимальная потребляемая мощность 150 Вт.

Проектирование и изготовление экспериментального образца АКПП проводилось АО «ПТЗ» в соответствии с кинематической схемой, изображенной рис. 1.

Моторный нагрузочный стенд с гидротормозом оснащен двигателем ЯМЗ 536 номинальной мощностью 140 кВт при частоте вращения коленчатого вала 2100 об/мин, обеспечивает требуемые кинематические, силовые и инерционные (за счет момента инерции ротора гидротормоза) нагрузки и позволяет воспроизвести основные скоростные и нагрузочные режимы работы АКПП для контроля функционирования всех элементов АКПП и системы управления на основных режимах эксплуатации. В стендовых условиях проведены входной контроль образца АКПП (со снятием крышек контрольных окон на картере), пробный пуск, контроль функционирования СУ АКПП с помощью компрессора и тестирование СУ АКПП на холостом ходу. Результаты испытаний позволили подтвердить работоспособность экспериментального образца АКПП, установить его основные технические характеристики, провести отработку и коррекцию алгоритмов управления СУ

АКПП. Также на стенде были проведены нагрузочные испытания в течении 450 моточасов, по завершении которых АКПП была передана на АО «ПТЗ» для демонтажа с целью анализа характера износа деталей.

На третьем (завершающем) этапе исследований, работы, по содержанию близкие к работам второго этапа, выполняются применительно к трансмиссии колесного трактора 6–8 тягового класса – новой машины, разрабатываемой на «Петербургском тракторном заводе». В настоящее время ведутся работы по изготовлению опытного образца новой коробки передач, испытания которого предполагается проводить в лаборатории кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» СПбПУ. Изготовление опытного образца осложнено значительным ущербом, полученным материально-технической базой завода в результате крупного пожара 2017 года, однако предприятие не отказывается от ранее намеченных планов, и работы продолжаются.

Выводы.

1. Для трактора 4 тягового класса обоснован выбор вальной схемы АКПП с параллельными валами и минимальным числом дисковых ФЭУ.

2. Испытания в стендовых условиях показали работоспособность пневматической СУ АКПП для трансмиссии трактора 4 тягового класса, дальнейшая отладка алгоритма управления целесообразна при испытании трактора в сборе.

3. Разработанную АКПП и СУ АКПП следует, по мере готовности к производству, внедрить на серийных тракторах, а затем, по накоплении опыта эксплуатации и после доработки, эти узлы можно использовать в составе трансмиссии беспилотного трактора.

4. Разработанное стендовое оборудование после модернизации может быть использовано для испытаний АКПП трактора 6-8 тягового класса и доводки СУ этой АКПП.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по проекту: «Разработка конструкции нового модельного ряда автоматизированных коробок перемены передач для сельскохозяйственной и дорожно-строительной техники в диапазоне 140-440 кВт, адаптированных для применения в комплексе систем беспилотного трактора» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57816X0213).

ЛИТЕРАТУРА:

1. О составе двухпоточной трансмиссии перспективного трактора с автоматизированной коробкой передач/ Ю.В.Галышев, Р.А. Дидиков, Р.Ю. Добрецов // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. Ч.1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 276 с. – С. 257–259.

2. Bukashkin A.Yu. etc. Split Transmission of Tractor with Automatic Gearbox. Procedia Engineering. Vol. 206 (2017). P. 1728–1734.

3. Didikov R.A. etc. Power Distribution Control in Perspective Wheeled Tractor Transmission. Procedia Engineering. Vol. 206 (2017). P. 1735–1740.

4. Особенности перспективной трансмиссии беспилотного трактора 6-8 тягового класса / Ю.В. Галышев, Р.Ю. Добрецов, Д.В. Увакина // Технологии построения когнитивных транспортных систем Материалы всеросс. НПК. ФГБУН ИПТ им. Н.С. Соломенко РАН, 2018. – С. 168–172.

5. Проектирование автомобилей и тракторов. Конструирование и расчет трансмиссий колесных и гусеничных машин: учебное пособие / Г. П. Поршнев; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 126 с.

6. Перспективная автоматизированная коробка передач для тракторов 6-8 тягового классов / Ю.В. Галышев, А.А. Красильников, Р.Ю. Добрецов // Проблемы разработки перспективных технологических систем: Сборник статей МНПК (15 ноября 2017 г., г. Омск). – Уфа: АЭТЕРНА, 2017. – 159 с. – С. 10–13.

7. Многовальная коробка передач «Ромашка»: пат. 2 658 474 Рос. Федерация: МПК51 F16H 3/095, F16H 3/097 / Р.Ю. Добрецов, А.В. Лозин, Великого. – № 2017113579; заявл. 19.04.2017; опубл. 21.06.2018, Бюл. № 18.

8. Didikov R.A. etc. Power Distribution Control in the Transmission of the Perspective Wheeled Tractor with Automated Gearbox. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 692. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017. Springer International Publishing AG, 2018. 1367 p. – P. 192–200.

УДК 621.18-182

М.А. Хабарова, К.Н. Смирнов, Ю.В. Ермакова, В.П. Квасников, А.А. Тринченко, А.П. Парамонов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОКРАЩЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПАРОВОГО КОТЛА

Развитие промышленности и повышение качества жизни людей требуют планомерного увеличения генерируемых мощностей [1]. Повышение технико-экономических показателей энергетического сектора – важное направление развития современной энергетики. Основными источниками энергии для большинства стран мира являются не возобновляемые виды топлива. Необходимость рационального использования ресурсов требует совершенствования энергетического оборудования и в частности развития топочной техники. Строительство новых станций сопряжено с существенными капитальными затратами, которые могут быть снижены за счет оптимизации принимаемых конструкторских решений. Паровой котел относится к основному оборудованию тепловой электростанции – основы современной энергетики, поэтому снижение его себестоимости и повышение надёжности работы – это то, к чему постоянно стремится производитель. Актуальность темы исследования определяется необходимостью оптимизации тепловых схем на стадиях конструирования новых, а также технического перевооружения и модернизации существующих котельных агрегатов для повышения экономических и экологических показателей работы станции.

Цель работы – оптимизация тепловой схемы газо-мазутного котла. Под оптимизацией тепловой схемы в данном случае понимается снижение себестоимости перегревательных поверхностей нагрева при сохранении или незначительном увеличении аэродинамического и гидравлического сопротивлений.

Надежность и экономичность работы электростанций являются важными критериями при конструировании ее основного оборудования, определяющего эффективность работы электростанции в целом. При создании тепловой схемы котла, сжигающего разные виды топлива (газ и мазут), необходимо обеспечить надёжную и экономичную работу при минимизации массы и стоимости поверхностей нагрева.

В качестве объекта исследования принят паровой котел паропроизводительностью 1130 т/ч, работающий в энергоблоке 300 МВт, имеющий сомкнутую компоновку, работающий на двух видах топлива (газ и мазут). Все конвективные поверхности нагрева котла горизонтальные и полностью дренируемые. Конвективные поверхности в первом газоходе, расположенном над топочной камерой, крепятся с помощью пароохлаждаемых подвесных труб. Поверхности нагрева, расположенные во втором конвективном газоходе, крепятся с помощью водоохлождаемых подвесных труб, отводящих воду от экономайзера. Эскиз котельного агрегата с исходной компоновкой поверхностей нагрева представлен на рис. 1.

Для достижения цели исследования необходимо решить ряд задач, основные из которых следующие: определение вариантов компоновок [2], принимаемых к рассмотрению; тепловой, прочностной, гидравлический, аэродинамический расчеты каждого из вариантов; расчет экономических показателей.

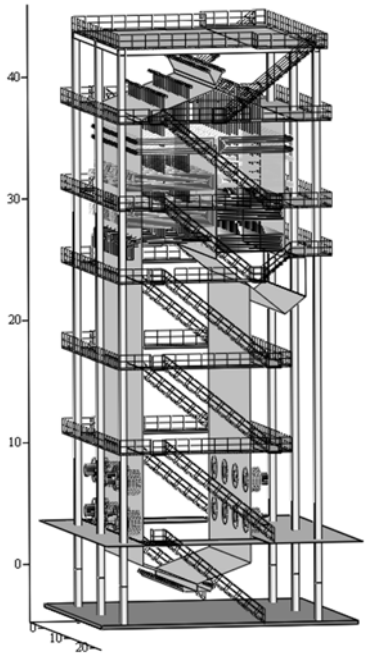


Рис. 1. Эскиз котельного агрегата

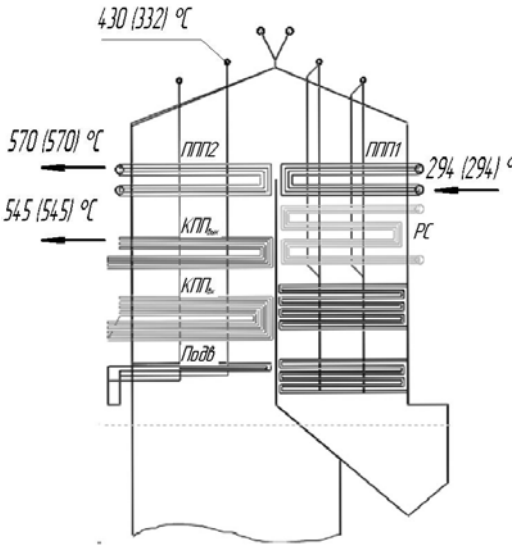


Рис. 2. Реперные точки по рабочему телу (величина без скобок при 100 % нагрузки, в скобках – при 30 %)

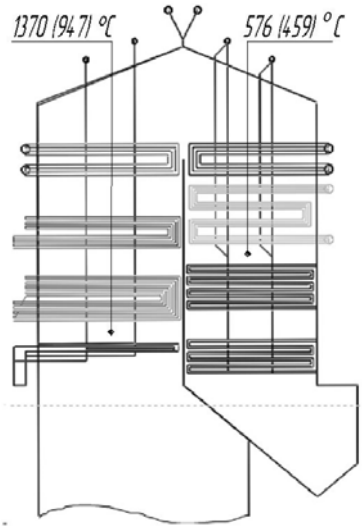


Рис. 3. Реперные точки по газу

Оптимизационные задачи имеют множество методов решений, но все они имеют общую цель – нахождение наилучшего варианта из всех возможных [3]. Задачи оптимизации в данном случае решаются путем вариантных расчетов. В процессе вариантного проектирования происходит анализ множества вариантов конструкции по комплексу технико-экономических показателей. Такой способ позволяет выявить наилучший вариант из возможных. Среди возможных вариантов решения задачи оптимизации тепловой схемы парового котла можно выделить несколько: снижение величины поверхности нагрева путем интенсификации процессов теплопередачи (применение шахматного расположения труб, повышение температурных напоров за счет изменения расположения поверхности по ходу дымовых газов, увеличение площади внешней поверхности посредствам оребрения и пр.); подбор экономически оптимального материала поверхности нагрева, отвечающего условиям надежности. Оба варианта приводят к снижению себестоимости продукта. Первый – за счет уменьшения необходимой массы материала, второй – за счет снижения стоимости металла за килограмм. Среди недостатков возможных вариантов можно выделить следующие: применение относительно дорогих оребренных труб в конечном итоге не всегда может привести к снижению цены готового изделия; применение экономически оптимальных котельных сталей может привести к увеличению логистических затрат (например, в случае применения импортных металлов).

В рамках исследования произведены расчеты пяти вариантов компоновок с изменением расположения поверхностей нагрева по ходу газов, изменением конструктивных параметров пакетов змеевиков поверхностей нагрева и изменением сортамента труб.

Принятые к рассмотрению варианты позволяют обойти обозначенные выше проблемы и обладают рядом преимуществ: допускают повышение эффективности теплоотдачи по газовой стороне при относительно невысоких капитальных вложениях (применение шахматного расположения труб); делают возможным уменьшение поверхности нагрева за счет увеличения температурного напора, возникающего вследствие перестановки поверхности нагрева в более высокотемпературную область.

Для решения поставленных задач использованы подходы Нормативного метода теплового расчета котельных агрегатов, разработанного ВТИ и ЦКТИ (1998) [4]. Реперные точки по температурам сред представлены на рис. 2 и 3. В ходе исследования произведен расчет объемов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания, составлен тепловой баланс котельного агрегата. В свою очередь, расчет ширмовых и конвективных поверхностей нагрева базируется на совместном решении системы уравнений теплового баланса и уравнения теплообмена. Произведены аэродинамический [5] и гидравлический [6] расчеты.

После теплового, гидравлического и аэродинамического расчетов производится выбор материалов поверхностей нагрева [7]. Важными критериями при выборе металла являются его свойства и цена. После определения теплонапряжения поверхности нагрева в зависимости от расчетной температуры, выбирается металл с таким же или большим значением допустимого напряжения [8]. Данные по теоретической массе одного полного метра выбираются по ТУ 14-3-460:2009 [9], стоимости труб материалов принимаются исходя из средней рыночной стоимости в условных единицах относительно труб из стали 12Х1МФ.

Здесь и далее примем следующие обозначения поверхностей нагрева: Подв – пароохлаждаемые подвесные трубы; $КПП_{вх}$ – входная ступень конвективного пароперегревателя; $КПП_{вых}$ – выходная ступень конвективного пароперегревателя; ППП2 – вторая ступень промежуточного пароперегревателя; ППП1 – первая ступень промежуточного пароперегревателя; РС – регулирующая ступень.

После проведения вышеперечисленных этапов расчета получена себестоимость обогреваемых частей перегревательных поверхностей нагрева парового котла паропроизводительностью 1130 т/ч, работающего в энергоблоке 300 МВт, в различных компоновках. Результаты расчетов себестоимости продукта и последовательность расположения поверхностей нагрева по ходу газов для каждого варианта компоновки сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчетов рассмотренных вариантов компоновок

№	Последовательность расположение поверхностей нагрева по ходу газов	Стоимость поверхностей нагрева, у.е.
1	Подв, КППвх, КППвых, ППП2, ППП1, РС	638928
2	Подв, КППвх, ППП2, КППвых, ППП1, РС	553974
3	Подв, КППвх, КППвых, РС, ППП2, ППП1	529041
4	Подв, КППвх, ППП2, РС, КППвых, ППП1	692842
5	Подв, КППвх, ППП2, ППП1, КППвых, РС	811973

Согласно данным табл. 1, наиболее экономичной является компоновка в варианте №3. Общий вид компоновки поверхностей нагрева представлен на рис. 4. Принятые к рассмотрению уровни температур рабочего тела, при условии соблюдения реперных точек, представлены на рис. 5. Температурный уровень дымовых газов представлен в виде Q-ϑ графика на рис. 6.

В данном варианте рассмотрен случай с перестановкой поверхностей нагрева по газовому тракту. Изменения коснулись главным образом поверхностей нагрева, расположенных в хвостовом газоходе. В отличие от исходного варианта компоновки, на данном участке газового тракта расположены две ступени промежуточных пароперегревателей, а регулирующая ступень перенесена на изначальное место ППП-2.

Кроме изменения последовательности омывания поверхностей нагрева топочными газами, применены методы снижения себестоимости продукта, посредствам изменения конструктивных характеристик (прямоток – противоток, шахматное – коридорное расположение труб), изменения применяемых материалов. Наибольший интерес в данном варианте компоновки вызывает регулирующая ступень. Ввиду того, что по рассматриваемой

схеме РС получает тепло от значительно более горячего газа, то ее поверхность резко уменьшилась. При этом необходимо указать, что гидравлическое сопротивление на данном участке тракта по сравнению с исходной схемой, из-за уменьшения проходного сечения увеличилось незначительно вследствие уменьшения длины змеевика. Температурный напор ступеней промежуточного перегревателя снизился, что привело к увеличению поверхностей ППП-1 и ППП-2, но, ввиду расположения данных поверхностей в менее высокотемпературной области дымовых газов, общая себестоимость обогреваемых частей пароперегревательных поверхностей нагрева оптимального варианта компоновки снизилась.

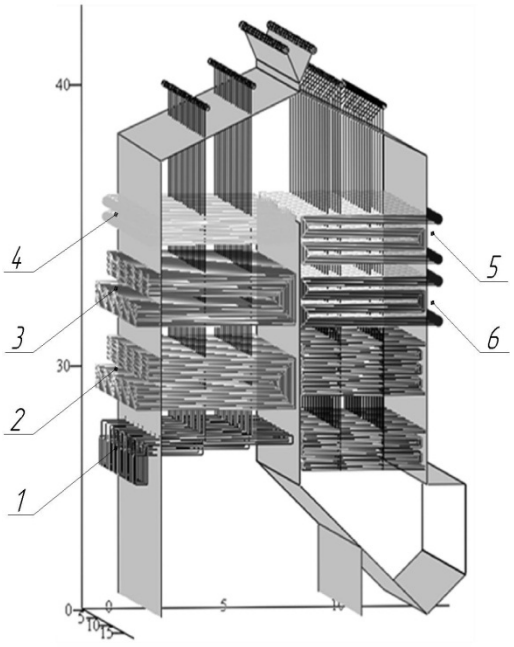


Рис. 4. Эскиз схемы №3

Поверхности нагрева по ходу газов:
1 – пароохлаждаемые подвесные трубы;
2 – входная ступень конвективного пароперегревателя;
3 – выходная ступень конвективного пароперегревателя;
4 – регулирующая ступень;
5– вторая ступень промежуточного пароперегревателя;
6 – первая ступень промежуточного пароперегревателя

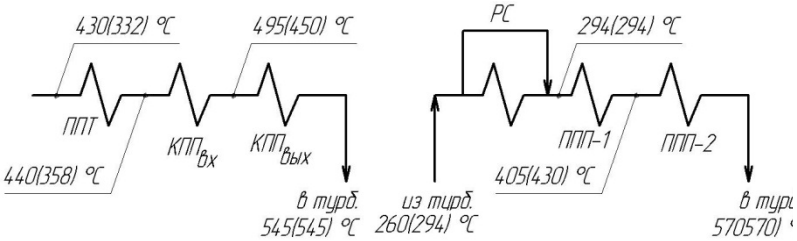


Рис. 5. Участок пароводяного тракта котла для схемы №3

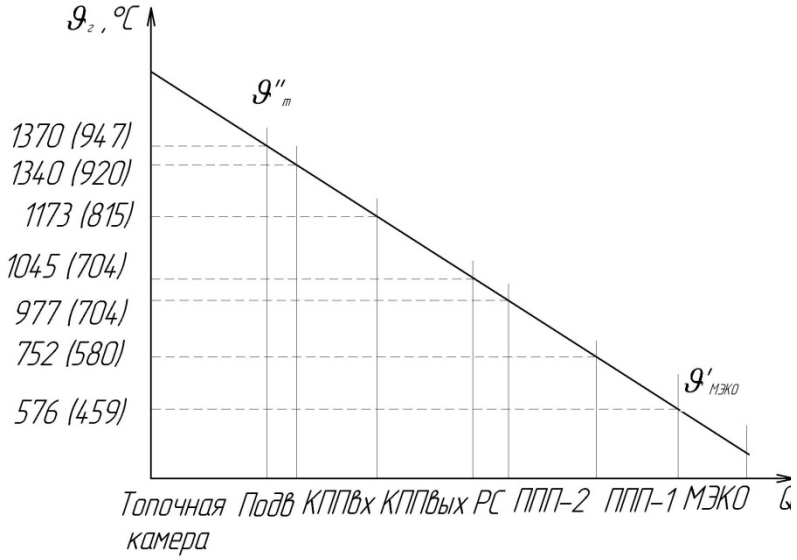


Рис. 6. Температуры газов для схемы № 3

В процессе работы над заданием проработано 5 вариантов схем компоновок поверхностей нагрева. В результате получено, что во всех, принятых к рассмотрению вариантах компоновок, наблюдается снижение себестоимости поверхностей нагрева, относительно исходного варианта, что, в свою очередь, подтверждает достижение цели: оптимизация тепловой схемы газо-мазутного парового котла. В результате работы получено, что схема № 3 является наиболее оптимальной, масса поверхностей нагрева составляет 171 т, что на 38% легче исходного варианта, а его стоимость – 529041 у.е., что на 45,5% меньше стоимости первоначальной компоновки.

Таким образом, оптимизация принимаемых конструкторских решений позволяет выявить, посредствам анализа технико-экономических показателей, наиболее экономичный способ конструкции, а вариантный подход к решению задач – наилучший среди возможных.

Работа представлена на Первом Техническом чемпионате по решению инженерных кейсов «Сила будущего», организованном в 2018 году российской энергомашиностроительной компанией ПАО «Силовые машины». По результатам конкурса по определению лучших проектов команде присвоено звание “Лауреат чемпионата” с присуждением конкурсной работе третьего призового места.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Статический Ежедневник мировой энергетики 2018 [Электронный ресурс]. – URL: https://yearbook.enerdata.ru (дата обращения: 01.10.2018).

2. Паршин А.А., Митор В.В., Безгрешнов А.Н. Тепловые схемы котлов. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.

3. Банди Б. Методы оптимизации. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

4. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод) издание третье, переработанное и дополненное. – Санкт-Петербург: Издательство НПО ЦКТИ, 1998. – 257 с.

5. Мочан С.И. Аэродинамический расчет котельных установок (Нормативный метод) издание третье. – Ленинград: «Энергия», 1977. – 256 с.

6. Локшин В.А. Гидравлический расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). – Москва: «Энергия», 1978. – 256 с.

7. РД 10-249-98 «Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды».

8. Ковалев А.П., Лелеев Н.С., Виленский Т.В. Парогенераторы. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 376 с.

9. ТУ 14-3-460:2009 «Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов».

УДК 621.671.1

А.С. Клюев, Е.А. Иванов, И.О. Борщев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ФИЛЬТРА НАСОСА ТИПА VS4

Актуальность. Нефтяная промышленность России является крупнейшим потребителем инновационных и технических продуктов. В настоящее время российскими предприятиями нефтяной промышленности используется большое количество импортного оборудования, в частности, центробежных насосов. Изготовление насосного оборудования связано с двумя составляющими: научно-исследовательской и производственной. В лаборатории гидромашиностроения СПбПУ выполняются работы по цифровому моделированию динамических насосов. Создание цифровых двойников и опытных образцов насосного оборудования позволяет получить прогнозные энергетические характеристики, предсказать эксплуатационные качества, увеличить скорость технологических процессов, а также является этапом перехода к цифровой экономике в области насосостроения.

Цели и задачи работы. Целью выполняемой работы является создание цифровой модели вертикального полупогружного центробежного насоса, соответствующего ГОСТ 32601 – 2013 (ISO 13709:2009, API 610). Номинальные параметры указаны в табл. 1.

Таблица 1. Параметры проектируемого насоса

Номинальная подача	100 $м^3$/ч
Напор при номинальной подаче	30 м
Установленная номинальная мощность	15 кВт
Частота вращения	2945 об/мин

Анализ рынка показал, что основными конкурентами в производстве линейки насосов типа VS4 являются компании Flowserve (модели ECPJ, CPXV), KSB (модель RPHv), Goulds pumps, Delta-p, Sulzer. Создаваемый насос должен обладать характеристиками, превышающими зарубежные аналоги.

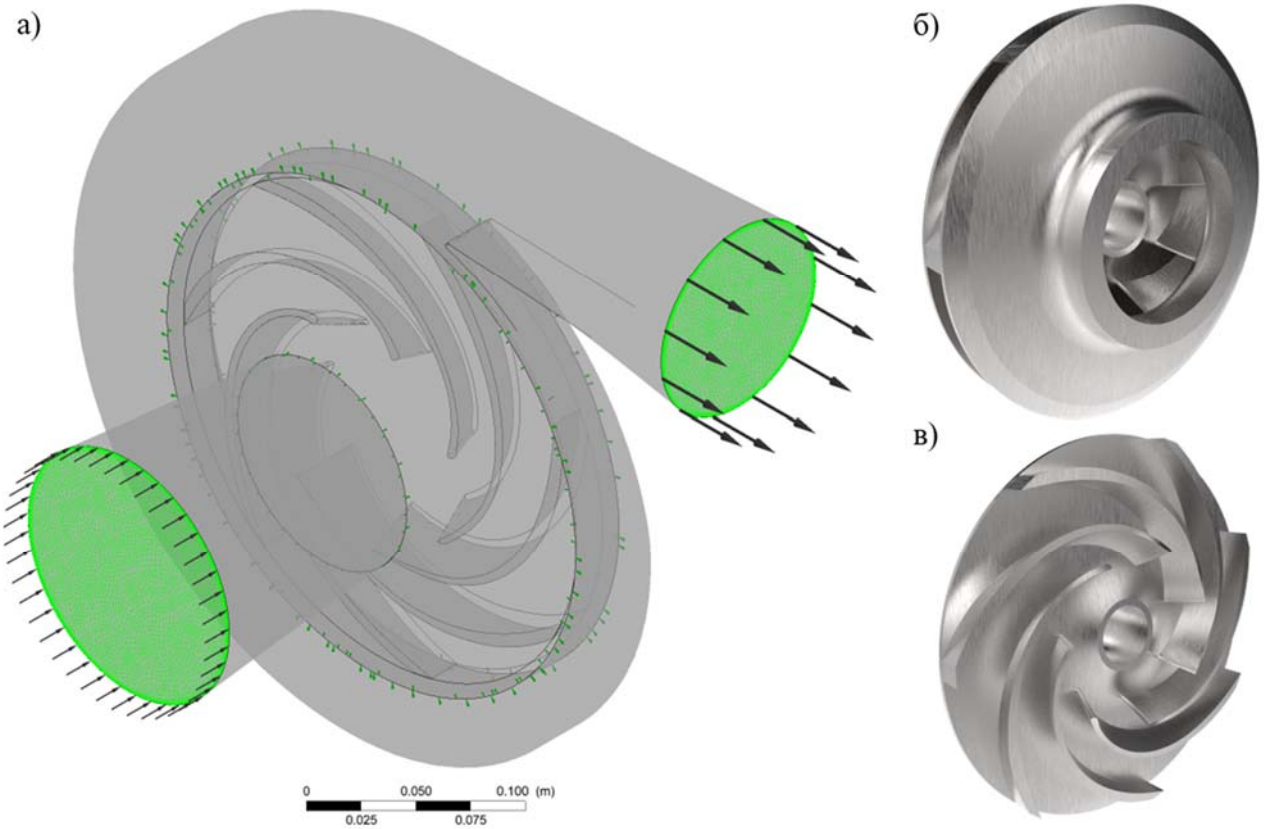


Рис. 1. а) жидкотельная модель проточной части насоса; б) закрытое РК; в) полуоткрытое РК

Проектирование, численный анализ и оптимизация проточной части (ПЧ) заключались в последовательном выполнении следующих действий:

- Выполнено проектирование геометрии ПЧ по методикам лаборатории гидромашиностроения СПбПУ [1] с использованием рекомендаций [2, 3]. В результате были получены геометрические размеры двух вариантов рабочих колес (РК): *закрытого* (рис. 1, б) и *полуоткрытого* (рис. 1, в), а также спирального отвода (СО);
- Разработаны 3D-модели элементов проточной части и на их основе построены жидкотельные модели ПЧ;
- В модулях TurboGrid и Meshing проведена дискретизация расчётного объёма и построена сеточная модель;
- Гидродинамический расчёт выполнялся в вычислительном комплексе ANSYS CFX в стационарной постановке на вычислительном кластере СПбПУ. При расчёте использовалась стандартная высокорейнольдсовая модель турбулентности k-**ε**. При использовании этой модели, система уравнений движения дополняется двумя уравнениями, описывающими массовую плотность турбулентной энергии k и скорость диссипации турбулентной энергии **ε**. В качестве граничных условий на входе было задано полное давление, на выходе массовый расход жидкости [4].

Для различных значений подачи, получены интегральные параметры, представленные в табл. 2. Расчёт параметров ПЧ с полуоткрытым рабочим колесом проводился с учётом зазора 0,5 мм между лопастной системой и корпусом насоса.

Таблица 2. Результаты расчёта двух вариантов рабочего колеса

Параметр	Гладкая поверхность			Шероховатая поверхность (РК -3,2 мкм; СО -40 мкм)		
Закрытое колесо						
Q, 100 м^3/ч	68	100	130	68	100	130
H, м	38,08	33,63	28,12	36,96	32,69	27,22
КПД гидравлический, %	88,64	91,39	88,71	85,50	88,39	85,46
Полуоткрытое колесо						
Q, 100 м^3/ч	68	100	130	68	100	130
H, м	36,07	31,56	25,86	35,69	30,73	25,21
КПД гидравлический, %	79,83	83,26	81,60	77,07	80,77	79,10

Из табл. 2 следует, что спроектированное закрытое колесо обеспечивает напор более 32 м при расчёте с учётом шероховатости, а гидравлический КПД ПЧ достигает 88%. Полуоткрытое колесо обеспечивает напор более 30 м, а гидравлический КПД составляет 80%. Разница КПД между закрытым и полуоткрытым колесом составляет 8 %.

Характеристики разработанных проточных частей, соответствующие полученным параметрам, представлены на рис. 2.

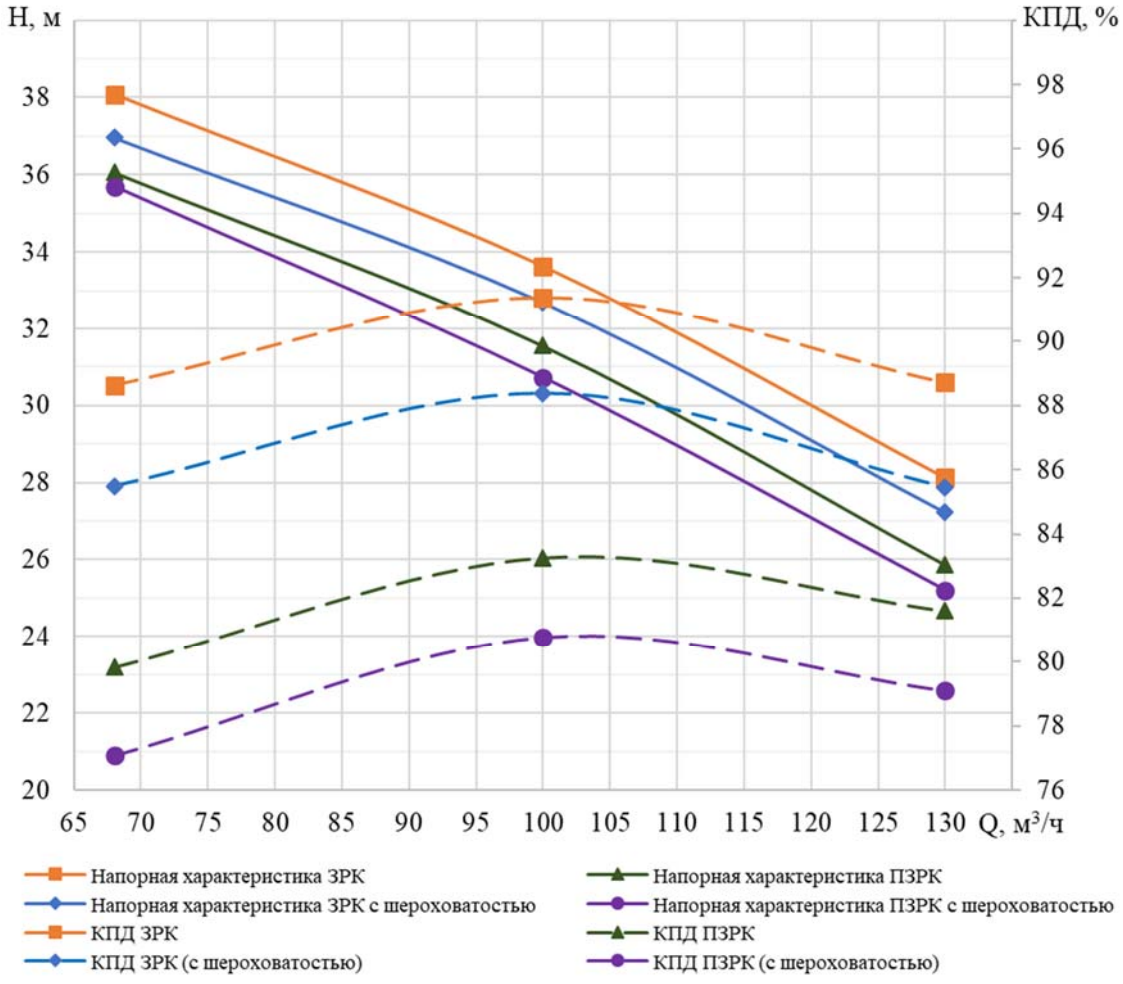


Рис. 2. Характеристики вариантов проточной части

Следующим этапом создания цифровой модели было проектирование и численный анализ фильтра насоса. Было спроектировано 4 варианта фильтра с различным коэффициентом живого сечения $f_{\sum}/S$ (где $f_{\sum}$ – суммарная площадь всех отверстий; S – площадь поверхности фильтра, табл. 3) и различной конфигурацией отверстий: круглой формы и в форме вертикальной прорези (рис. 3).

Таблица 3. Результаты расчёта 4-х вариантов фильтра

			$f_{\sum}/S$	Потери в фильтре при различной подаче		
				$0.8 \cdot Q = 80$ м^3/ч	$Q = 100$ м^3/ч	$1.2 \cdot Q = 120$ м^3/ч
Фильтр 1	0,28	0,482 м	0,751 м	1,08 м		
Фильтр 2	0,14	2,064 м	3,245 м	4,902 м		
Фильтр 3	0,28	0,565 м	0,883 м	1,271 м		
Фильтр 4	0,14	3,322 м	5,258 м	7,637 м		

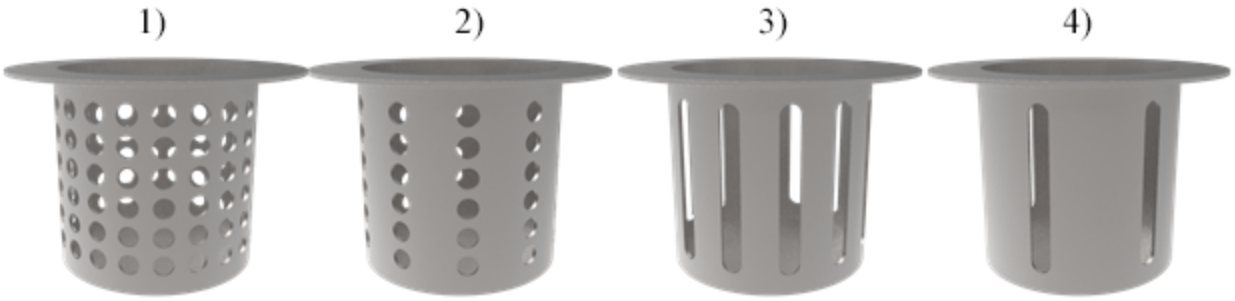


Рис. 3. Спроектированные варианты фильтров

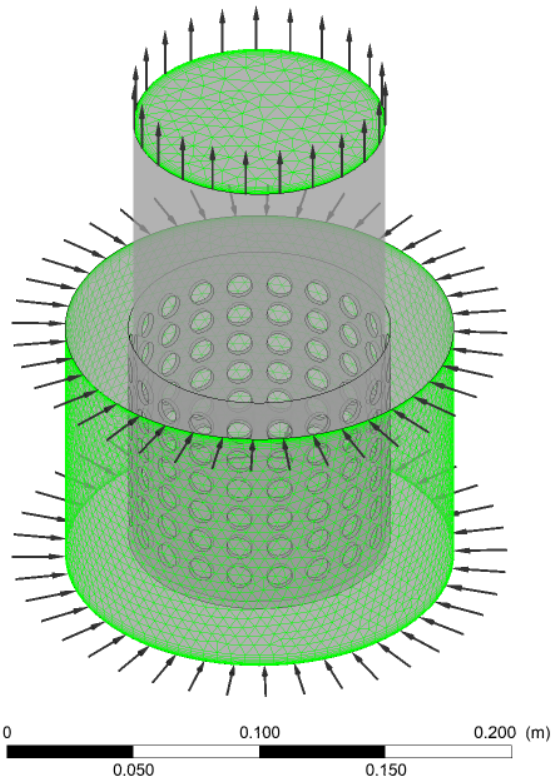


Рис. 4. Расчётная модель фильтра, импортированная в Ansys CFX

Гидродинамический расчёт потерь напора в фильтре выполнялся в ANSYS CFX в стационарной постановке. Используемая модель турбулентности – k-**ε**; граничные условия: полное давление на входе и массовый расход жидкости на выходе (рис. 4). Результаты расчёта представлены в табл. 3.

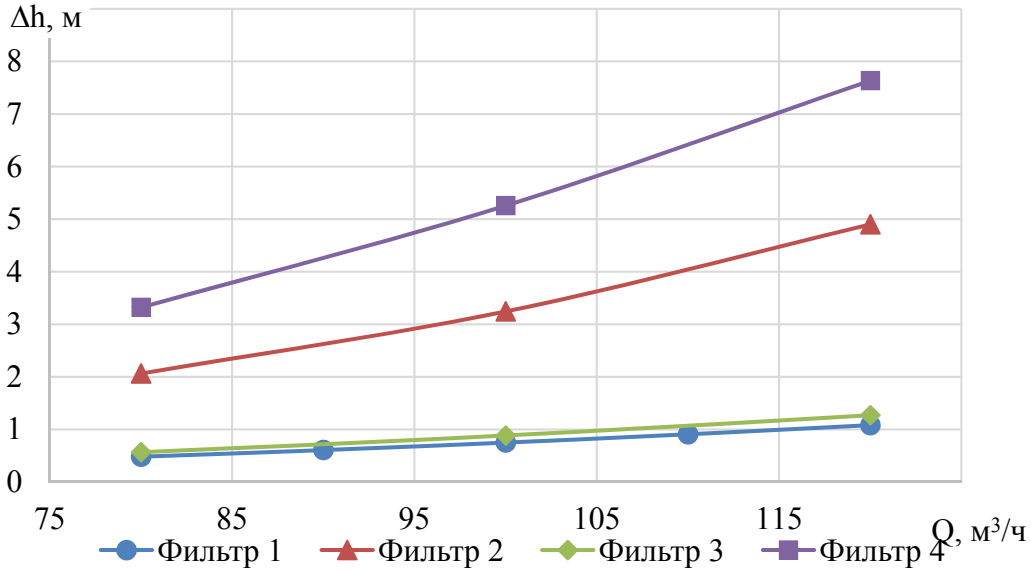


Рис. 4. Зависимость потерь напора в фильтрах от подачи

Как видно из характеристик на рис. 4, с точки зрения вносимых потерь фильтры 1 и 3 с коэффициентом живого сечения $f_{\sum}/S = 0{,}28$ являются предпочтительнее вне зависимости от формы отверстий. С уменьшением коэффициента живого сечения потери значительно возрастают и проявляется зависимость от формы отверстия. Исследование показало, что для фильтра оптимальной является круглая форма отверстий, поскольку вносит меньшие потери.

Выводы. В результате проектирования были получены проточные части с закрытым и полуоткрытым рабочим колесом, выполнено численное исследование и построены прогнозные характеристики насоса. Вариант с закрытым колесом удовлетворяет предъявляемым требованиям при расчёте без учёта шероховатости. Также были спроектированы и исследованы различные варианты фильтров, выявлена зависимость потерь напора от коэффициента живого сечения и формы отверстий Полученные результаты будут использованы при выполнении комплексного проекта «Цифровые модели насосов».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. – Москва: «Машиностроение», 1966.

2. Gulich J.F. Centrifugal pumps. Springer, 2014. – 1116 с.

3. Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы. Теория расчёт и конструирование. М.: «Машиностроение», 1977. – 288 с.

4. Иванов Е.А., Жарковский А.А. Проектирование и численное исследование осевого насоса низкой быстроходности непрерывно возрастающей напорной характеристикой. Неделя науки 2015 г. СПбПУ, 2015.

УДК 621.315

Ю.Н. Бочаров, В.Ю. Кузнецов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСТАНОВКИ ОПОР ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВДОЛЬ ГИРЛЯНДЫ ИЗОЛЯТОРОВ

В наше время композиционные материалы получают все большее распространение в сфере электроэнергетики и электротехники. Композитные опоры воздушных линий электропередач – относительно новый тип мачтовых конструкций, история которых насчитывает не более пятнадцати лет. Опыт их применения в настоящее время еще невелик, но характеристики современных композитных материалов придают опорам этого типа ряд необычных для других типов опор свойств, представляющих определенный интерес с точки зрения повышения эксплуатационной надежности воздушных линий электропередач и уменьшения затрат на монтаж.

Термины «композит» и «композитный материал» используется в отношении армированных полимерных композиционных материалов. В качестве армирующих наполнителей в настоящее время получили распространение: стеклянное, базальтовое, органическое и углеродное волокно. Органическое и углеродное волокно имеют очень высокую стоимость и в крупнотоннажных массовых изделиях применения не находят. Стеклопластики и базальтопластики близки по своим физико-механическим характеристикам и позволяют создавать сверхлегкие мачтовые конструкции, устойчивые к действию повышенных статических и динамических нагрузок. Более того, стеклопластики и базальтопластики являются диэлектриками с очень высокими изолирующими свойствами. Высокие диэлектрические свойства стойки позволяют ВЛ сохранять работоспособность при пробое или перекрытии изоляции, а также исключает возникновение блуждающих токов или гибель птиц.

Применение новых типов электротехнической продукции вызывает много вопросов, одним из них является влияние материала опоры ЛЭП на распределение электрического поля вдоль гирлянды изоляторов. В связи с попытками производителей внедрить композитные опоры и материалы в массовое использование, данный вопрос является весьма актуальным.

Задачей работы является создание компьютерной модели гирлянды изоляторов, её верификация на основе лабораторного опыта и оценка полученных результатов. Расчеты и моделирование производятся в программном комплексе COMSOL Multyphysics 5.0, использующем метод конечных элементов.

Для верификации компьютерной модели был проведен ряд экспериментов. Измерение распределения напряжения делается на высоковольтной установке, схему которой можно увидеть на рис. 1.

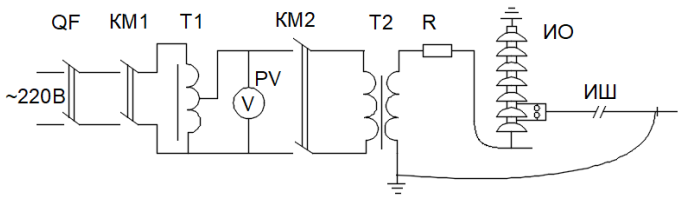


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки

Исследованию подвергается гирлянда из семи изоляторов на 110 кВ. Падение напряжения на каждом изоляторе измеряется при помощи измерительной штанги, состоящей из измерительных шариков с расстоянием между электродами 2.5–3 мм, металлических усиков и изоляционной штанги, заземлённой у ручки гибким медным тросиком. Нижний

изолятор соединен с сопротивлением R через пруток имитирующий провод. Далее усиками измерительной штанги обхватывался первый от провода изолятор и поднималось напряжение до пробоя шарового разрядника измерительной штанги (до тех, пор пока не начнется жужжание). Жужжание в свою очередь обозначает пробой искрового промежутка. Учитывая расстояние между электродами и пробивную напряженность воздуха, можно сделать вывод, что падение напряжения между точками, в которых проводятся измерения, будет составлять ~7.5–9 кВ.

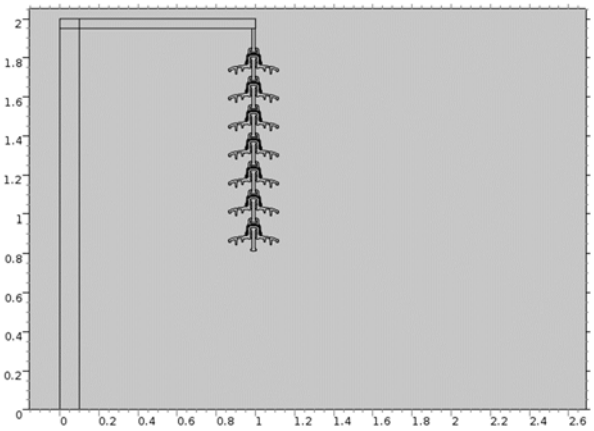


Рис. 2. Компьютерная 2D-модель в расчетной области

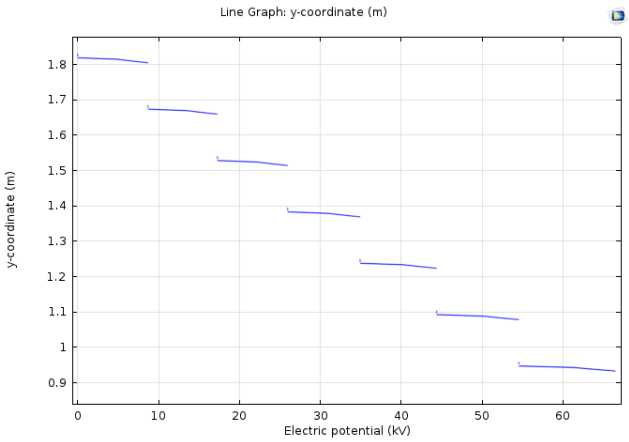


Рис. 3. Распределение потенциала по шапкам изоляторов

На рис. 2 приведена компьютерная 2D-модель расчетной области, а на рис. 3 мы можем видеть величину потенциала на шапках изоляторов. Так как в настройках учитывается наведенный потенциал и на шапки, и на пестики, то он может изменяться по высоте, что видно на графике. Вертикальная ось y при этом проходит через центр гирлянды.

Чтобы сопоставить результаты опытов, сделанных в программном комплексе COMSOL с реальными измерениями, будем задавать потенциал, при котором начиналось жужжание штанги, и смотреть падение напряжения на соответствующем изоляторе. В табл. 1 приведены данные полученные в лабораторных условиях и на компьютерной модели. Действующее напряжение на проводе – это то напряжение при котором начиналось жужжание штанги на i-ом изоляторе и то, которое задается в компьютерной модели для расчетов. С графика распрделения потенциала мы брали значение наведенного напряжения на следующем изоляторе и высчитвывали разность, чтобы понять насколько измерения, сделанные на компьютеной модели верны.

Учитывая несовершенность модели и погрешности измерений принимаем её верной и проводим на ней дальнейшие расчеты.

Таблица 1. Измерения наведенного потенциала на шапках изоляторов

№ Изолятора	Действующее напряжение на проводе, кВ	Потенциал на шапке i-го изолятора, кВ	Потенциал на шапке i+1 изолятора, кВ	Разность потенциалов, кВ
1	30,4	30,4	22,25	8,15
2	49,5	40,6	33,3	7,3
3	52,3	35	27,5	7,5
4	60,8	34	24,8	9,2
5	74,2	29	19,3	9,7
6	73,5	19,1	9,6	9,5
7	66,5	8,6	-	8,6

Изменяя материал опоры, а именно железную стойку на стеклопластиковую, рассмотрим графики распределения потенциала (рис. 4 и рис. 5), графики распределения напряженности электрического поля вдоль оси гирлянды (рис. 6 и рис. 7), вычислим изменение коэффициента неравномерности электрического поля *Кн* и сведем данные в табл. 2. Так как конструкция имеет несимметричную конфигурацию, то измерения будут проводиться с двух сторон гирлянды(знак «-» – слева, «+» – слева).

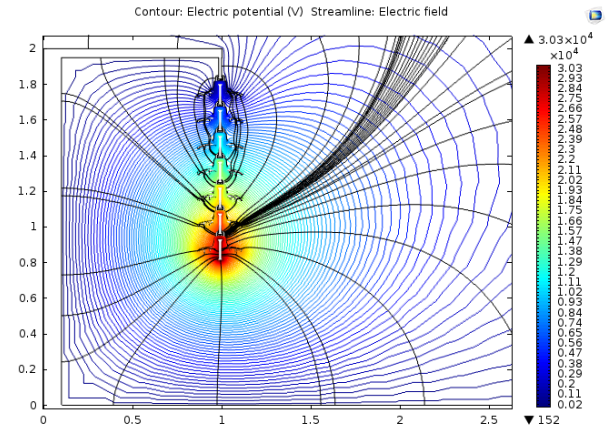


Рис. 4. Распределение потенциала и линии электрического поля при железной стойке

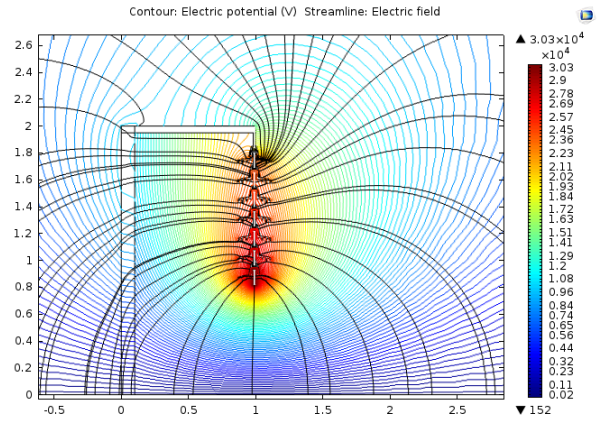


Рис. 5. Распределение потенциала и линии электрического поля при стеклопластиковой стойке

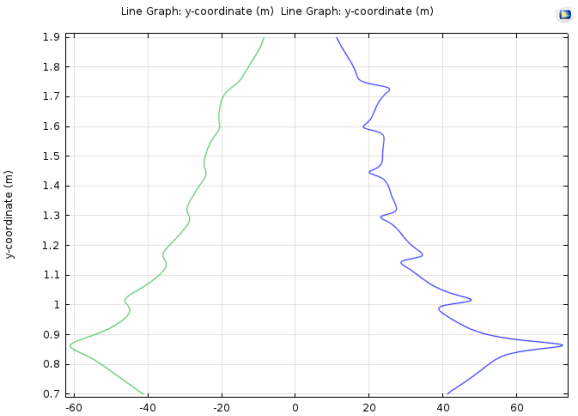


Рис. 6. График распределения напряженности электрического поля вдоль гирлянды при железной стойке

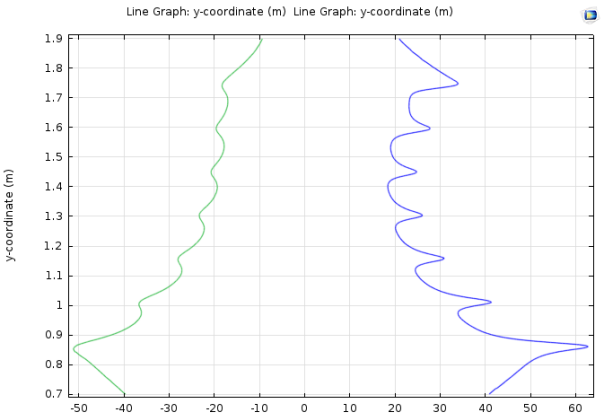


Рис. 7. График распределения напряженности электрического поля вдоль гирлянды при стеклопластиковой стойке

Таблица 2. Измерения коэффициента неравномерности вдоль гирлянды изоляторов при разлчиных материалах стойки (2D-модель)

Потенциал на проводе, кВ	Железная стойка		Стеклопластиковая стойка		*ΔКн-,%*	*ΔКн+,%*
	Кн-	*Кн+*	*Кн-*	*Кн+*		
30,4	2,039	2,401	1,71	2,07	16,13	13,70
49,5	2,041	2,424	1,72	2,08	15,84	14,17
52,3	2,045	2,427	1,72	2,08	15,89	14,17
60,8	2,039	2,417	1,71	2,09	16,13	13,61
74,2	2,047	2,424	1,71	2,09	16,45	13,89
73,5	2,040	2,420	1,71	2,09	16,00	13,48
66,5	2,046	2,422	1,72	2,09	16,18	13,66

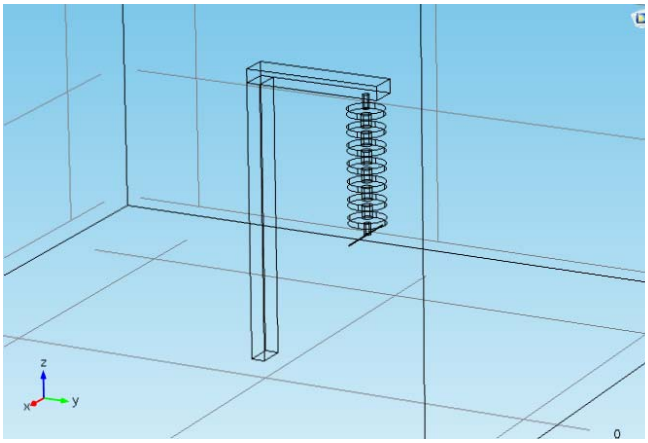


Рис. 8. Компьютерная 3D-модель в расчетной области

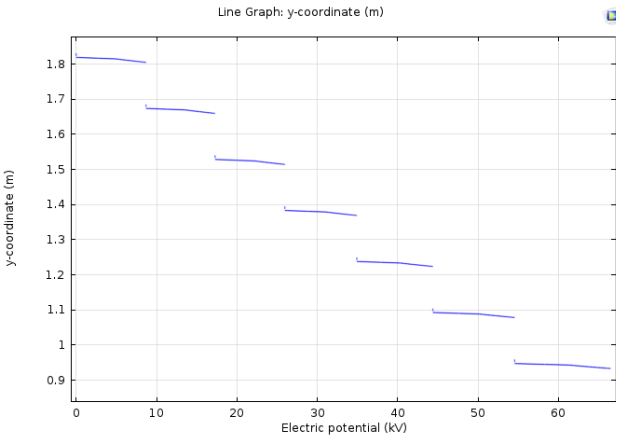


Рис. 9. Распределение потенциала по шапкам изоляторов

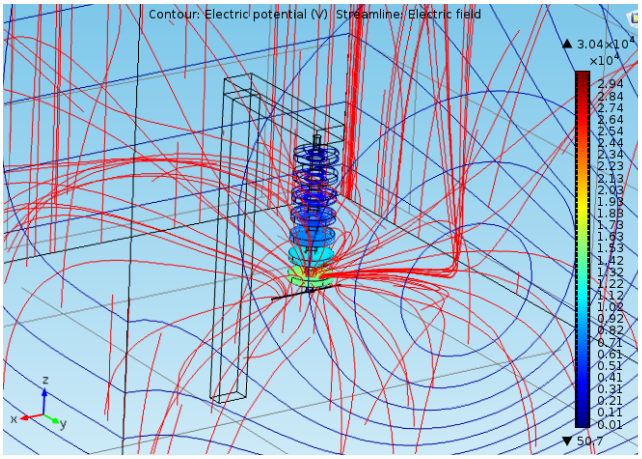


Рис. 10. Компьютерная 3D-модель в расчетной области

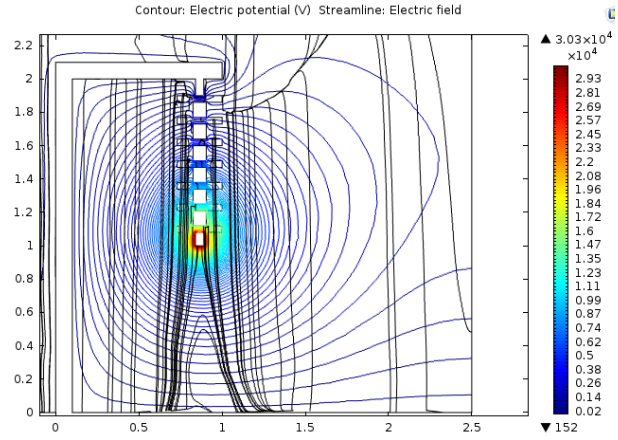


Рис. 11. Проекция поля на плоскость yz

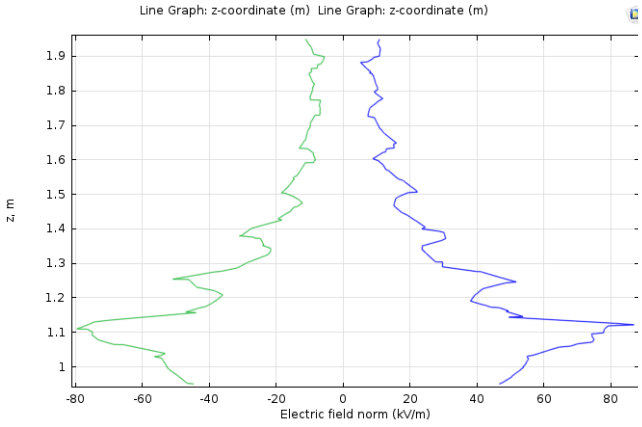


Рис. 12. График распределения напряженности электрического поля вдоль гирлянды при железной стойке

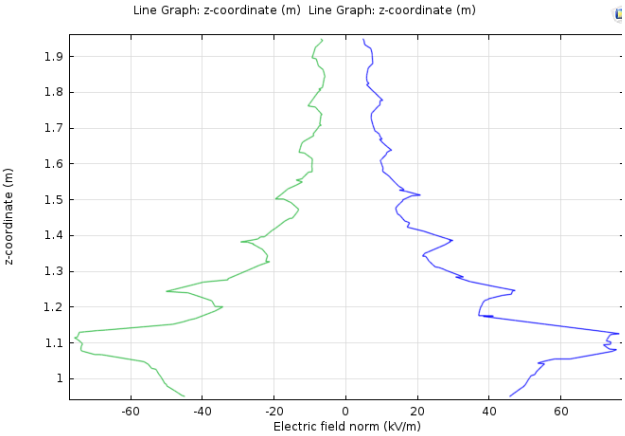


Рис. 13. График распределения напряженности электрического поля вдоль гирлянды при стеклопластиковой стойке

Также аналогичные расчеты были проведены на 3D-модели.

Её задание в программе не сильно отличается от 2D, за исключением того, что расчетная область у нас теперь задаётся не прямоугольником, а параллелепипедом (рис. 8). Однако придётся её упростить, для удобства работы и увеличения скорости расчета, так как сильно

детализированный профиль изолятора существенно уменьшал производительность. Шапки изоляторов, пестики и сами тарелки заменены на цилиндры.

Так же как и на 2D-модели, на рис. 9 можно рассмотреть величину наведенного потенциала на шапках изоляторов, полученные данные сведем в табл. 3.

На рис. 10 мы можем видеть объёмную картину распределения потенциала по поверхности изоляционной конструкции и линии напряженности электрического поля (красные). На рис. 11 приведена проекция объёмной картины поля на плоскость yz.

Аналогчино изменяя материал опоры, железную стойку на стеклопластиковую, рассмотрим графики распределение напряженности электрического поля вдоль оси гирлянды (рис. 12 и рис. 13). Как и раньше, вычислим изменение коэффициента неравномерности электрического поля *Кн* и сведем данные в табл. 3.

Таблица 3. Измерения коэффициента неравномерности вдоль гирлянды изоляторов при разлчиных материалах стойки (3D-модель)

Потенциал на проводе, кВ	Железная стойка		Стеклопластиковая стойка		*ΔКн-,%*	*ΔКн+,%*
	Кн-	*Кн+*	*Кн-*	*Кн+*		
30,4	2,664	2,894	2,53	2,53	4,94	12,50
49,5	2,667	2,909	2,53	2,55	5,30	12,50
52,3	2,656	2,905	2,52	2,54	5,04	12,50
60,8	2,664	2,911	2,53	2,55	4,94	12,43
74,2	2,667	2,909	2,53	2,55	5,05	12,50
73,5	2,665	2,910	2,53	2,56	5,10	12,15
66,5	2,663	2,904	2,54	2,56	4,52	11,92

Как видно из таблиц и графиков, при замене стойки на стеклопластиковую получаем снижение показателя неоднородности поля до 12.5% при работе с 3D моделью и до 16% при работе с 2D. Причем в одном случае наилучший результат мы получили с внешней стороны гирлянды, а во втором с внутренней.

Подводя итог можно сказать, что установка опор из композитных материалов оказывает сугубо положительное влияние на распределение поля, оно становится более равномерным. Помимо этого, опоры из композитных материалов легче, а по прочности не уступают традиционным, также можно отметить повышение эксплуатационной надежности и снижение затрат на строительно-монтажные работы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бочаров Ю.Н., Жук В.В. К вопросу о композитных опорах воздушных линий. Труды Кольского научного центра РАН. Энергетика. Вып. 4-1/2012(8). С. 78–85.

2. Техника высоких напряжений: учебник для вузов / И.М. Богатенков, Ю.Н. Бочаров, Н.И. Гумерова, Г.М. Иманов и др.; под ред. Г.С. Кучинского. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 2003.

3. Бобович Б.Б. Полимерные конструкционные материалы. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014.

УДК 621.314

Е.П. Сафонов[1,2], В.Я. Фролов[1], Н.Г. Лозинова[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]ОАО «НИИПТ»

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРОЗОВОГО ИМПУЛЬСА НА ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ВЕНТИЛЬ

Основу Выборгского преобразовательного комплекса (ВПК) составляют четыре комплектных высоковольтных преобразовательных устройства (КВПУ). Схема одного КВПУ изображена на рис. 1, а. Каждый КВПУ содержит в себе 4 моста. Каждый мост конструктивно разделен на три фазы, называемые блоками вентильными преобразовательного моста (БВПМ). БВПМ (рис. 1, б), в свою очередь, состоит из двух высоковольтных тиристорных вентилей ВТВ. ВТВ состоит из 4 высоковольтных тиристорных модулей (ВТМ), соединенных последовательно. ВТМ располагаются на этажах рамной конструкции БВПМ по одному на этаж. Высота БВПМ составляет 4.7 метра. Высоковольтный тиристорный модуль представляет собой конструктивно законченное устройство, состоящее из последовательно соединенных двух дросселей насыщения и тиристорной сборки. Тиристорная сборка состоит из последовательно соединенных 12 тиристоров типа Т283-1600-60 и 13 охладителей с единым прижимным устройством, блока конденсаторов, резисторов цепей деления напряжения между тиристорными ячейками, стойки с блоками управления, двух коллекторов с трубками для подвода (отвода) охлаждающей жидкости к охладителям и дросселям насыщения. Питание блоков управления осуществляется отбором мощности с тиристорной ячейки.

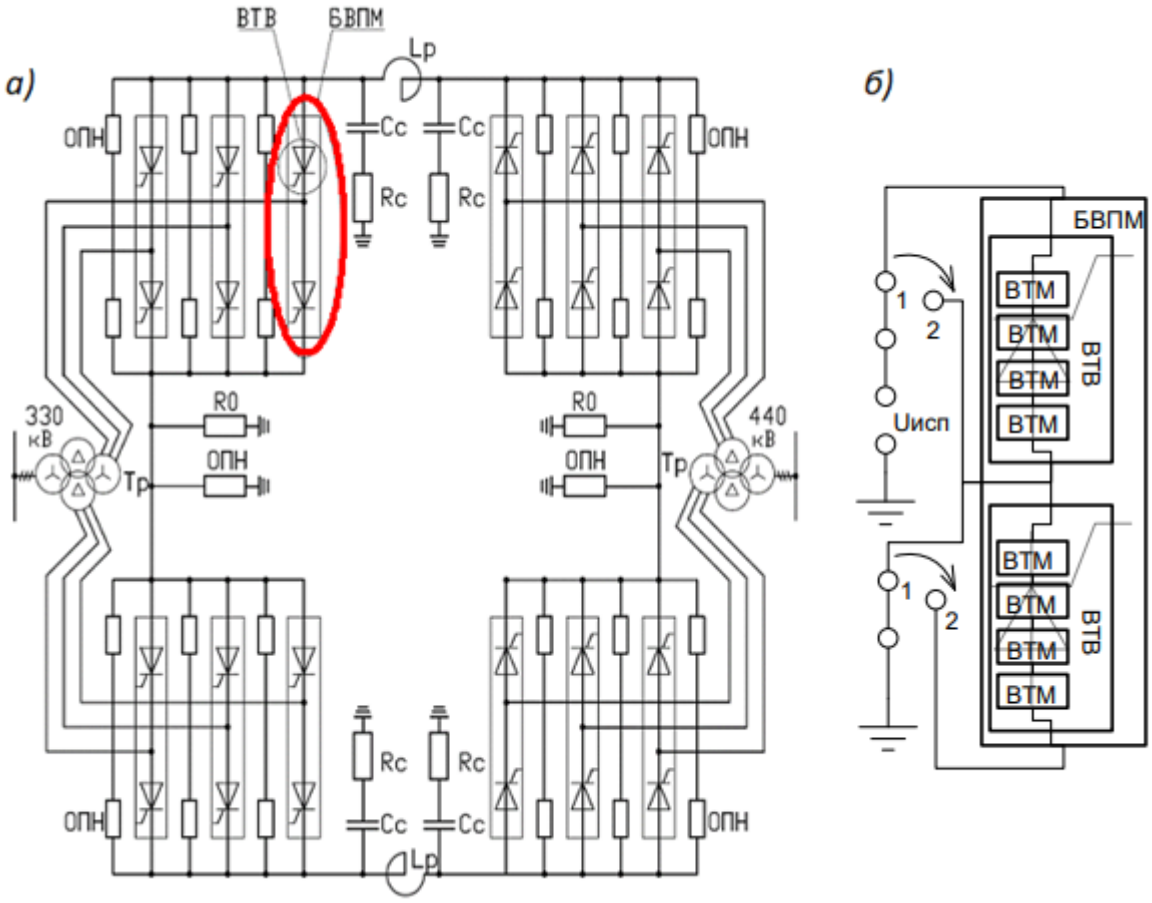


Рис. 1. Схемы ПС Выборгская: *а)* КВПУ; *б)* БВПМ

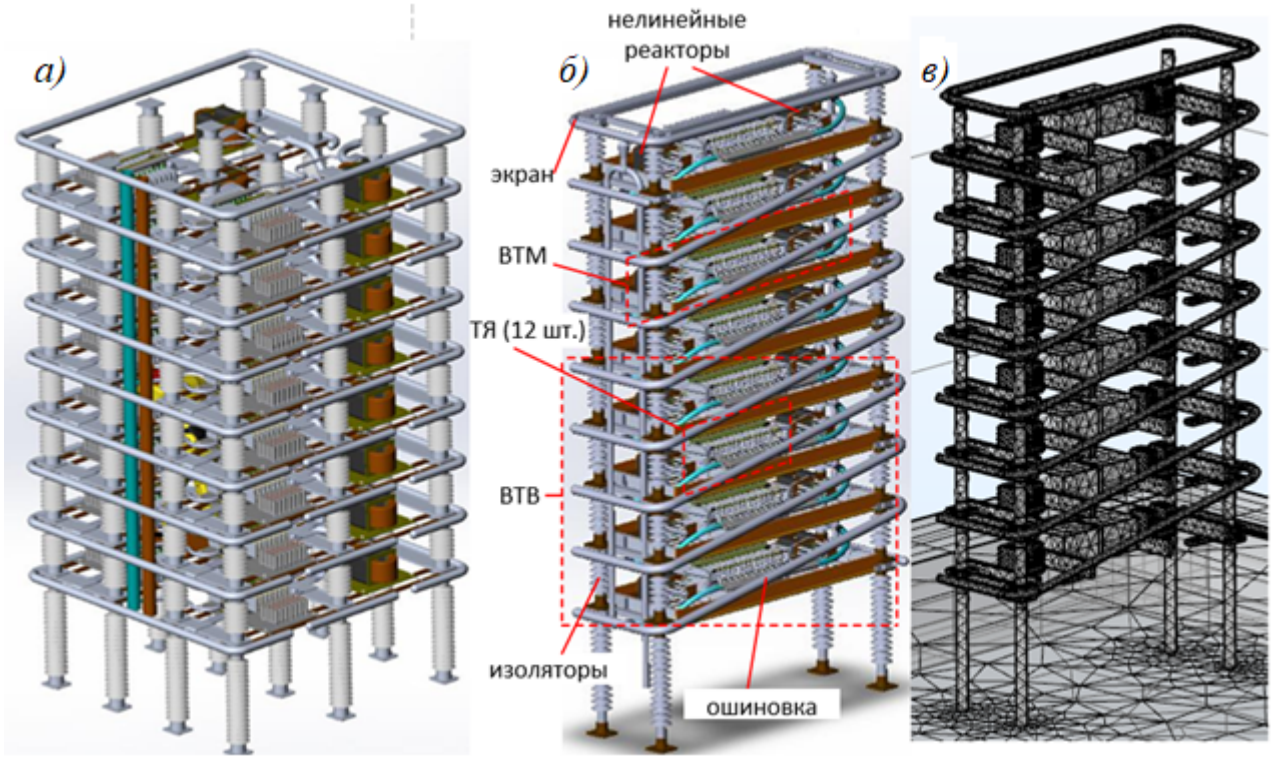


Рис. 2. Конструкция БВПМ, *а)* геометрия БВПМ старой конструкции; *б)* геометрия БВПМ новой конструкции; *в)* компьютерная модель нового БВПМ с сеткой конечных элементов

На данный момент предложен проект замены БВПМ на другие, новой конструкции (рис. 2, *а* и рис. 2, *б*). Необходимость такого решения была обоснована множеством недостатков, критическим из которых являлись неремонтопригодные элементы вентиля и частые течи в системе охлаждения, выводящие из строя нижестоящие модули и отсутствие запасных элементов (БВПМ в работе более 35 лет). В разрабатываем БВПМ учтены достижения мирового опыта и его схема и конструкция претерпели значительные изменения. ВТМ из которых состоит БВПМ, значительно уменьшились в размерах, что стало причиной изменений ёмкостей между элементами БВПМ и самих элементов относительно земли. Это следствие приводит к изменению распределения напряжения грозового импульса между элементами БВПМ, что может стать причиной возникновения опасных уровней перенапряжений на элементах и самих тиристорах или к их открытию без управляющего сигнала.

Целью данной работы является разработка методики расчета собственных ёмкостей конструкции, и разработка методики расчета стойкости БВПМ с новой конструкцией грозовому импульсу. Необходимость такого рода расчетов вызвана тем, что в некоторых аварийных режимах работы выпрямителей, вентили могут подвергаться соразмерным импульсам перенапряжения [1].

Схема испытания приведена на рис. 1, б. Амплитуда испытательного напряжения, согласно расчетам [2], составляет 213 кВ, фронт грозового импульса – 1,2 мкс, а его форма должна соответствовать IEC 60060. Испытательное напряжение обоих полярностей поочередно прикладывается к верхнему и нижнему выводу БВПМ относительно земли и между выводами каждого ВТВ. Ниже приведена математическая модель расчета ёмкостей.

Электростатическое поле БВПМ, состоящей из n заряженных тел, можно описать системой (1). В этой системе U_n и q_n – потенциал и заряд n-го электрода, а коэффициент α в поставленной задаче отвечает за геометрическую конфигурацию заряженных тел БВПМ (размер, форма, взаимное расположение и диэлектрическая проницаемость) и несет название потенциальных коэффициентов. Однако в нашем случае необходимо решить обратную задачу:

в компьютерном моделировании по известной величине прикладываемых потенциалов будут осуществляться измерения распределения зарядов на элементах конструкции БВПМ. В таком случае решаемую систему (1) можно изобразить следующим образом:

$$\begin{array}{l} U_1 = \alpha_{11}\cdot q_1 + \alpha_{12}\cdot q_2 + \ldots + \alpha_{1n}\cdot q_n \\ U_2 = \alpha_{21}\cdot q_1 + \alpha_{22}\cdot q_2 + \ldots + \alpha_{2n}\cdot q_n \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ U_n = \alpha_{n1}\cdot q_1 + \alpha_{n2}\cdot q_2 + \ldots + \alpha_{nn}\cdot q_n \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} q_1 = \beta_{11}\cdot U_1 + \beta_{12}\cdot U_2 + \ldots + \beta_{1n}\cdot U_n \\ q_2 = \beta_{21}\cdot U_1 + \beta_{22}\cdot U_2 + \ldots + \beta_{2n}\cdot U_n \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ q_n = \beta_{n1}\cdot U_1 + \beta_{n2}\cdot U_2 + \ldots + \beta_{nn}\cdot U_n \end{array} \quad (1)$$

Здесь β – коэффициент электростатической индукции – также отвечает за конфигурацию заряженных тел. Эту систему можно выразить не через потенциалы, а через их разность (2).

$$\begin{array}{l} q_1 = C_{11}\cdot(U_1 - 0) + C_{12}\cdot(U_1 - U_2) + \ldots + C_{1n}\cdot(U_1 - U_n) \\ q_2 = C_{21}\cdot(U_2 - U_1) + C_{22}\cdot(U_2 - 0) + \ldots + C_{2n}\cdot(U_2 - U_n) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ q_n = C_{n1}\cdot(U_n - U_1) + C_{n2}\cdot(U_n - U_2) + \ldots + C_{nn}\cdot(U_n - 0) \end{array} \quad (2)$$

Здесь C с одинаковыми индексами называют собственной ёмкостью (электрической ёмкостью тела с данным индексом относительно земли), а при разных – взаимными (электрическая ёмкость между двумя телами с соответствующими индексами т.е., например, $C_{12} = C_{21}$ и т.д.).

После несложных преобразований, с учетом двух условий $1 = U_1 = U_2 = \ldots = U_n$ и $U_1 = U_2 = \ldots = U_n$, из (1) и (2) можно получить два соответствующих выражения для вычисления электрических ёмкостей исследуемой модели:

$$C_{kk} = \beta_{k1} + \beta_{k2} + \ldots + \beta_{kn}$$
$$C_{kp} = -\beta_{kp} \; u \; C_{kp} > 0$$

На основе изложенной математической модели расчет ёмкостей между элементами БВПМ был осуществлен с помощью программного пакета Comsol Multiphysics 5.3 [3]. Для моделирования поставленной электростатической задачи в программе была реализована геометрия БВПМ, изображенная на рис. 1, в.

Основная идея расчета ёмкостей БВПМ заключается в поочередном присваивании единичных потенциалов токопроводящим элементам конструкции и измерению распределения заряда между ними. По этим измерениям осуществляется расчет взаимных и собственных ёмкостей. Исходя из этого, выражение (3) приобретает следующий вид:

$$\begin{array}{l} q_1 = C_{11}\cdot U_1 + C_{12}\cdot U_1 + \ldots + C_{1n}\cdot U_1 \\ q_2 = C_{21}\cdot U_2 + C_{22}\cdot U_2 + \ldots + C_{2n}\cdot U_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ q_m = C_{m1}\cdot U_m + C_{m2}\cdot U_m + \ldots + C_{mn}\cdot U_m \end{array} \Rightarrow \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \cdots & C_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Помимо этого, для насыщающегося реактора (рис.2, а) был осуществлен расчет схемы замещения, представляющий собой источник тока [4], управляемый системой уравнений (4):

$$\begin{cases} u = R\cdot i + \dfrac{d\psi}{dt} \\ i = f(\psi) \end{cases}, \quad (4)$$

где первое уравнение – дифференциальное уравнение для напряжения на реакторе, а второе – нелинейное алгебраическая зависимость между током и потокосцеплением. Второе выражение может быть различным в зависимости от характеристик реактора и от требуемой точности. В данной работе расчет этой зависимости осуществлен в Comsol 5.3 следующим образом: ток витков реактора, согласно закону Ампера–Максвелла, определяет магнитную индукцию вокруг проводника и по известной кривой намагничивания (материал стали 5БДСР, идентичный аналог зарубежного Finemet) фиксирует соответствующую напряженность

магнитного поля в узлах сетки конечных элементов магнитопровода, по данным которой вычисляется магнитный поток и соответствующее потокосцепление. Сам реактор (рис. 3, б) моделировался со следующими параметрами: 4 витка, воздушный зазор 0.52 мм, ток насыщения 300 А, номинальная индуктивность 300 мГн. Полученная зависимость потокосцепления от тока показана на рис. 3, в.

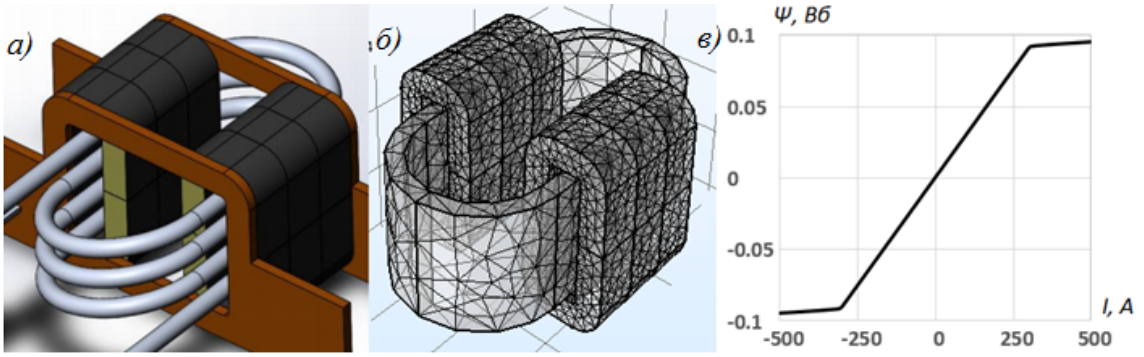


Рис. 3. Насыщающийся реактор: *а)* геометрия реактора; *б)* модель реактора; *в)* насыщение реактора

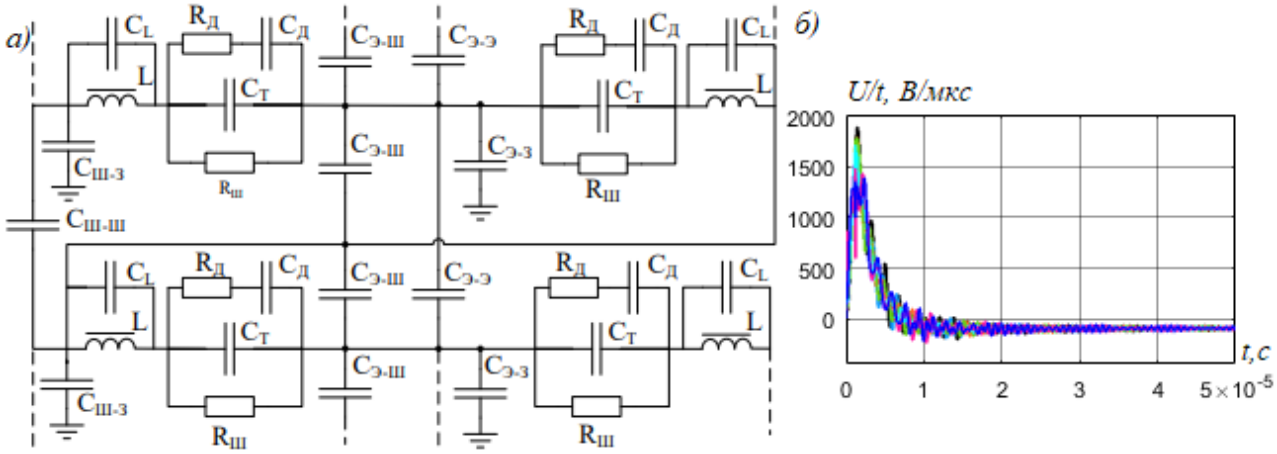


Рис. 4. Расчет импульсного перенапряжения: *а)* схема замещения; *б)* результаты расчетов

Для расчета импульсных перенапряжений в данной работе предложена эквивалентная схема замещения, часть которой (два соседних ВТМ из восьми) изображена на рис. 4, а. В этой схеме присутствуют следующие элементы: L – индуктивность реактора (300 мГн); C_T – собственная ёмкость секции ВТМ (0.417 нФ); $R_Д$, $C_Д$ – сопротивление и ёмкость демпфирующей цепочки (144 Ом и 0.25 мкФ); $R_Ш$ – шунтирующее сопротивление (40 кОм); а также рассчитанные: C_L – собственная ёмкость реактора (35.1 нФ). Здесь были использованы результаты расчета ёмкостей между элементами БВПМ, которые приведены в табл. 1: $C_{Ш-Ш}$ – ёмкость между ошиновками; $C_{Ш-З}$ – ёмкость ошиновки на землю; $C_{Э-Ш(р)}$ – ёмкость между секциями ВТМ и ошиновкой одного этажа; $C_{Э-Ш(с)}$ – ёмкость между секциями ВТМ и ошиновкой соседнего этажа; $C_{Э-Э}$ – ёмкость между этажами; $C_{Э-З}$ – ёмкость этажа на землю. В таблицу не вошли, но использовались в расчетах: ёмкость экрана на землю 38,828 пФ; ёмкость экрана на ближайшую ошиновку: 21,350 пФ. Сам расчет схемы замещения был реализован в программном пакете Matlab Simulink в модуле SimPowerSystem.

Результаты расчетов воздействия грозового импульса на элементы БВПМ приведены в табл. 2.

Максимальная скорость возрастания напряжения на одном тиристоре, согласно расчетам (рис. 4, б), для катодной группы составляет 1,77 кВ/мкс, а для анодной – 1,89 кВ/мкс, что не превышает допустимых значений для используемых в выпрямителе тиристоров Т283-1600-60 (2,5 кВ/мкс).

Таблица 1. Результаты расчета ёмкостей между элементами БВПМ

Этаж ВТМ	$C_{Э-З}$, пФ	$C_{Э-Э}$, пФ		$C_{Э-Ш(р)}$, пФ	$C_{Э-Ш(с)}$, пФ	$C_{Ш-З}$, пФ		$C_{Ш-Ш}$, пФ	
1	23,992	33,522	-	57,921	40,276	36,078	27,024	36,995	16,845
2	5,913		32,948	53,244	49,757		21,241		36,647
3	4,554	32,965		53,192	49,527	18,269		36,761	
4	4,059		32,932	53,338	49,493		16,905		36,881
5	3,845	32,959		53,292	49,559	16,348		36,863	
6	3,81		32,965	53,302	49,497		16,306		37,132
7	4,049	33,333		53,593	49,674	18,075		-	
8	7,533		-	31,860	52,348		12,074		17,343

Таблица 2. Максимальные значения приложенного к элементам БВПМ напряжения

-	Напряжение на секции ВТМ, кВ	Между ВТМ, кВ	Между шинами соседних этажей, кВ	На реакторе, кВ
5-8 этаж	25,34	61,16	61,19	23,82
1-4 этаж	25,42	62,30	63,04	24,67

Таким образом, в данной работе приведена методика, позволяющая с помощью компьютерного моделирования осуществить оценку воздействия грозового импульса на высоковольтный тиристорный вентиль.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лоханин А.К., Шульга Р.Н. Защита от перенапряжений и выбор уровней изоляции комплектного высоковолтного преобразовательного устройства. Электротехническое оборудование для вставки постоянного тока. Сборник науч. тр. Под общей ред. И.М. Бортника и В.И. Кулакова. – Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 11 с.

2. Электротехническое оборудование для вставки постоянного тока. Сборник научных трудов под общей редакцией И.М. Бортника и В.И. Кулакова. – Москва: Энергоатомиздат, 1986.

3. Электронный ресурс. How to Calculate a Capacitance Matrix in COMSOL Multiphysics®. – URL: https://www.comsol.com/blogs/how-to-calculate-a-capacitance-matrix-in-comsol-multiphysics (дата обращения 07.10.2018).

4. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

УДК 621.311

А.Л. Тупицина[1], А.С. Лямов[1], С.В. Смоловик[2], И.Е. Рындина[1]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы»

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО РЕГУЛЯТОРА ПОТОКА МОЩНОСТИ НА ДЕМПФЕРНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В статье исследуется статическая устойчивость и показатели демпфирования маловозмущенных электромеханических колебаний электропередачи с современными устройствами гибких систем передачи переменного тока (ГСППТ). В качестве примера такого устройства рассмотрен объединенный регулятор потока мощности (ОРПМ), представляющий собой связку компенсирующего устройства, выполненного на базе преобразователя напряжения (СТАТКОМ) и статического синхронного продольного компенсатора (ПСТАТКОМ). Результатами работы является оценка влияния ОРПМ на демпфирование маловозмущенного движения.

В энергетически развитых странах мира проявляется интерес к устройствам на основе силовой электроники, позволяющим комплексно решать задачи обеспечения требуемых показателей устойчивости и надежности электроэнергетической системы, а также снижения суммарных затрат на передачу электрической энергии за счет исключения нового сетевого строительства [1–6]. В связи с развитием технологий ГСППТ актуальной является задача оценки эффективности влияния указанных устройств на уровень динамической устойчивости параллельной работы при конечных возмущениях, а также определения показателей демпфирования маловозмущенного движения.

В качестве расчетной схемы принята схема электропередачи «генератор-линия электропередачи-система бесконечной мощности», приведенная на рис. 1. В середине линии включено компенсирующее устройство продольно-поперечного действия, так называемый, объединенный регулятор потока мощности. Устройство состоит из двух преобразователей напряжения, связанных звеном постоянного тока, через которое преобразователи могут обмениваться активной мощностью; реактивную мощность необходимого знака каждый из преобразователей генерирует независимо.

АР ОРПМ включает в себя каналы регулирования по отклонению напряжения (СТАТКОМ), по отклонению частоты напряжения (СТАТКОМ), по отклонению тока (ПСТАТКОМ), по отклонению частоты напряжения (ПСТАТКОМ).

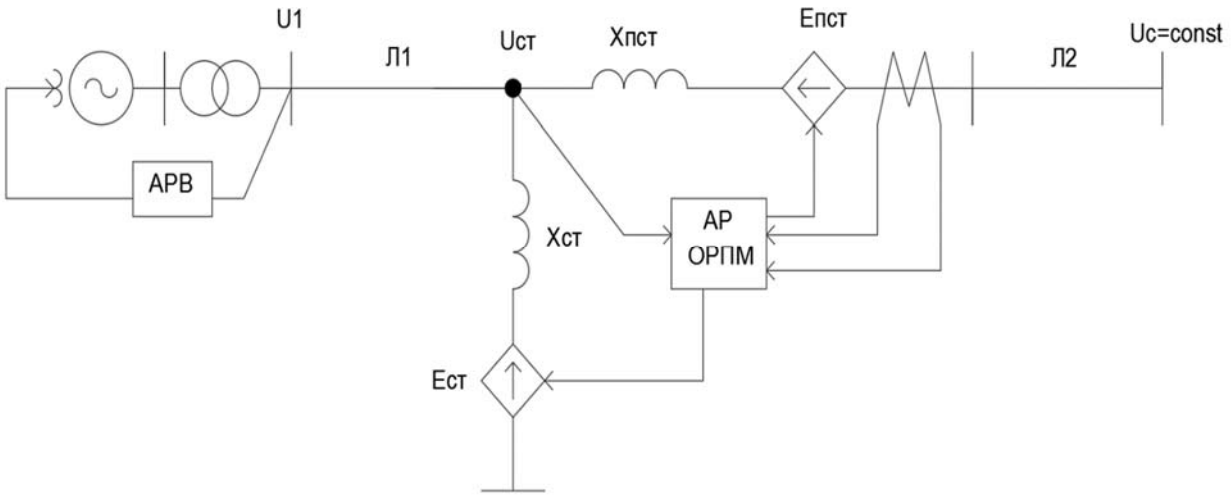


Рис. 1. Расчетная схема энергосистемы с устройством ГСППТ

Учитывая высокое быстродействие устройств, входящих в состав ОРПМ, было определено влияние настроечных параметров их регуляторов на показатели демпфирования маловозмущенных электромеханических колебаний. При выполнении расчетов показателей устойчивости была использована типовая модель автоматического регулятора возбуждения сильного действия [7, 8], имеющая шестой дифференциальный порядок.

На основе приближенного построения области устойчивости на плоскости коэффициентов каналов стабилизации K0ω, K1ω удалось добиться показателей демпфирования на уровне α = -2.4 1/с. Характеристические корни, определяющие колебания ротора генератора, приведены в табл. 1. Частота колебаний ротора является достаточно высокой благодаря сниженной величине механической инерционной постоянной генератора (TJ = 5.3 с).

Таблица 1. Характеристические корни, рассчитанные при настройке АРВ:
K0u = -25; K1u = -1; K0ω = -5.5; K1ω = 1; Kif = -1

Вещественная часть, 1/с	Мнимая часть, 1/с
-2.4	±7.4

Оптимизация настроечных параметров СТАТКОМа и ПСТАТКОМа, выполненная по методике одновременной координации настроек регуляторов на базе численного поиска, использующая в виде функции качества сумму разности заданного показателя затухания (α_{min}) и всех корней, лежащих правее α_{min} (1) [7, 8], показала высокую эффективность привлечения каналов стабилизации данных устройств.

$$F = \sum_{\alpha_i \le \alpha_0} (\alpha_0 - \alpha_i)^v, \quad (1)$$

где α_0 – заданная величина показателя качества; α_i – вещественные части корней, взятые с обратным знаком; v – параметр (v = 2,3,...).

Для оптимизации были выбраны следующие диапазоны изменения настраиваемых параметров:

•коэффициент регулирования по отклонению напряжения – Kst = [-15; 0];

•коэффициент регулирования СТАТКОМ по отклонению частоты напряжения – K0ωst = [0; 10];

•коэффициент регулирования ПСТАТКОМ по отклонению тока – K0i = [-15; 15];

•коэффициент регулирования ПСТАТКОМ по отклонению частоты напряжения – K0ωpst = [0; 10].

Процедура оптимизации указала на целесообразность уменьшения коэффициентов каналов стабилизации ПСТАТКОМа (K0ωpst). Результат расчета характеристических корней представлен в табл. 2.

Таблица 2. Результат расчета характеристических корней при прежней настройке АРВ и настройках устройств ОРПМ: Kst = -10; K0ωst = 8; K0i = -3.5; K0ωpst = 0.15

Вещественная часть, 1/с	Мнимая часть, 1/с
-6	±13.5

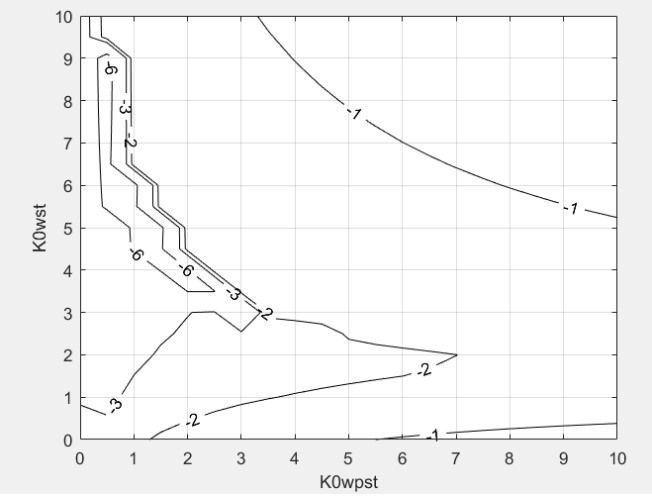


Рис. 2. Область колебательной статической устойчивости рассматриваемой схемы сети в осях K0ωst(K0ωpst)

На рис. 2 в осях K0ωst(K0ωpst) и Kst(K0i) построены кривые равного затухания рассматриваемой схемы сети. Согласно рис. 2, на колебательную статическую устойчивость значительное влияние оказывает выбор обоих коэффициентов регулирования K0ωst и K0ωpst.

На рис. 3 представлено изменение угла ротора генератора относительно вектора напряжения ШБМ при трехфазном КЗ на шинах станции, а на рис. 4 – изменение напряжения в точке подключения ОРПМ и реактивной мощности ОРПМ, рассчитанные с использованием настроечных коэффициентов, указанных в описании к табл. 1, 2. Видно, что ОРПМ

значительно улучшает протекание переходного процесса при КЗ, существенно увеличивая его демпфирование.

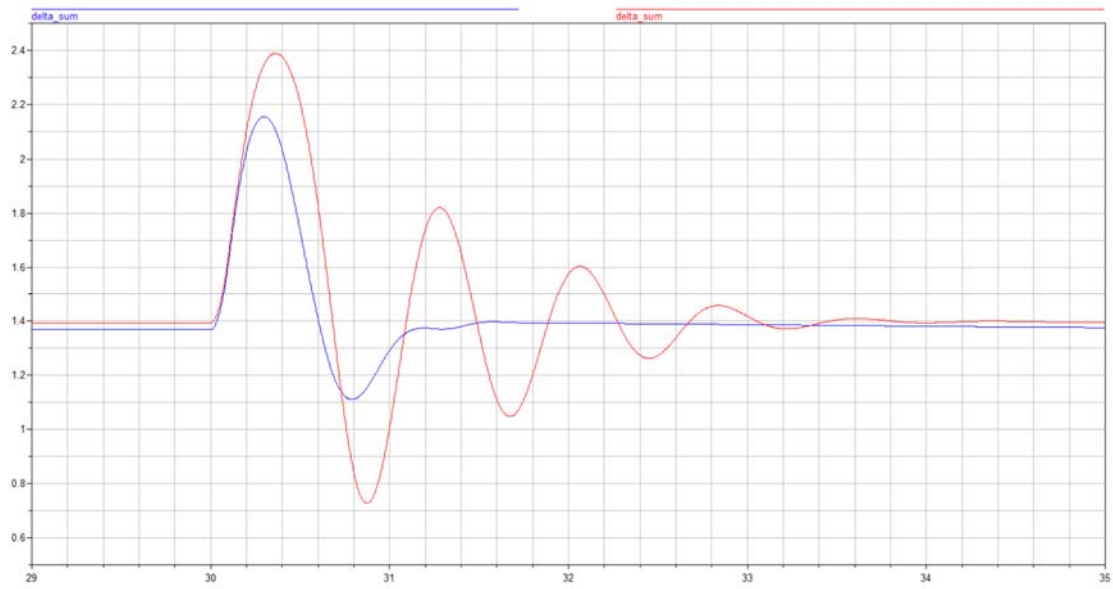


Рис. 3. Изменение угла ротора генератора относительно вектора напряжения ШБМ при трехфазном КЗ (синяя кривая – без ОРПМ, красная – с ОРПМ)

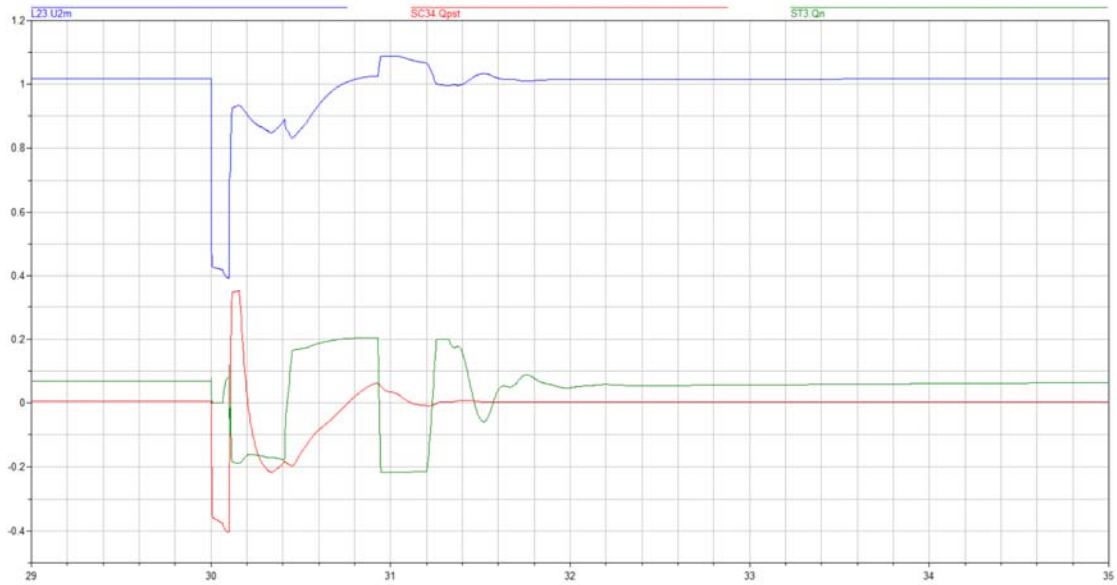


Рис. 4. Изменение напряжения в точке подключения ОРПМ (синяя кривая) и реактивной мощности ОРПМ (красная кривая – ПСТАТКОМ, зеленая – СТАТКОМ)

Таким образом, вработе рассмотрено влияние регулирования ОРПМ на качество протекания переходных процессов, отмечено существенное улучшение демпфирования переходного процесса в случае использования ОРПМ с представленными каналами регулирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кочкин В.И., Шакарян Ю.Г. Применение гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока в энергосистемах. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. – 312 с.

2. Паздерин А.В., Солодянкин С.А. Повышение надёжности функционирования энергосистем за счёт технологий гибких систем передачи переменного тока // Электрические станции. – 2009. – № 5. – С. 38–41.

3. Паздерин А.В., Солодянкин С.А. Составляющие эффективности внедрения статических синхронных компенсаторов в электрических сетях // Электрические станции. – 2012. – № 11. – С. 34–39.

4. Hingorani N.G., Gyugyi L., Understanding FACTS, IEEE Press, N.Y., 2000. – 428 p.

5. Eremia M., Advanced Solutions in Power Systems, IEEE Press, 2016. – 1063 p.

6. Лямов А.С., Паздерин А.В., Солодянкин С.А. Анализ характеристик мощности электропередач с устройствами FACTS // Известия НТЦ Единой энергетической системы. № 1(76), 2017. – С. 45–51.

7. Устинов С.М. Метод численного поиска настроек регуляторов для обеспечения устойчивости больших энергообъединений // Известия Российской Академии наук. Энергетика. – 2015. – № 2. – С. 49–56.

8. Беляев А.Н., Першиков Г.А., Попков Е.Н., Смоловик С.В., Чудный В.С. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 157 с.

УДК 621.436 + 53.087

А.В. Винцаревич, Д.В. Герасимов, М.В. Ямашкин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ГРАДИЕНТНАЯ ТЕПЛОМЕТРИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Введение. Одним из важнейших факторов при исследовании теплообмена в камере сгорания (КС) дизельного двигателя является возможность прямого и непосредственного измерения теплового потока на огневой поверхности в режиме реального времени. Такая индикация полезна и как средство мониторинга рабочих процессов в дизеле.

Современные методы регистрации теплового потока в КС подразумевают размещение на огневой поверхности КС термопар или датчиков давления. Расчет теплового потока на основе этих показаний достаточно сложен, а его неопределенность высока [1].

Уникальные возможности дает развиваемая в последние годы градиентная теплометрия [2–4], основанная на применении гетерогенных градиентных датчиков теплового потока (ГГДТП) [1].

Настоящая работа посвящена применению ГГДТП для мониторинга рабочего процесса в дизельном двигателе. Принцип работы ГГДТП основан на поперечном эффекте Зеебека: датчик генерирует термоЭДС, пропорциональную проходящему через его сечение тепловому потоку. ГГДТП позволяют проводить прямые измерения плотности теплового потока, а постоянная времени около 10 нс позволяет считать ГГДТП фактически безынерционным [1]. Плотность теплового потока определяется по формуле:

$$q = \frac{e}{S_0 F},$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м^2, e – сигнал, генерируемый ГГДТП, мВ, S_0 – вольт-ваттная чувствительность, мВ/Вт, F – площадь ГГДТП в плане, м^2.

Установка и оборудование. Измерения проводились на дизельном двигателе Indenor XL4D. На рис. 1 показана схема измерительной установки, а на рис. 2 представлена схема монтажа ГГДТП на огневую поверхность КС.

Плотность теплового потока мы измеряли с помощью ГГДТП из композиции сталь + никель, способных работать в агрессивной среде КС. Размеры датчиков составили 3,0×3,0×0,2 мм. Для их монтажа на поверхности головки были профрезерованы углубления для ГГДТП размерами 5×5×0,5 мм. ГГДТП на слюдяной подложке толщиной 0,25 мм крепились к головке эпоксидным клеем (термостойкость до 150 °С), толщина его составила около 0,05 мм. Для укладки проводов на поверхности головки были прорезаны канавки шириной 2 мм и глубиной 1,5 мм. После укладки проводов оставшийся объем заполнялся

эпоксидным клеем для выравнивания поверхности и тепловой защиты проводов. Коммутационные провода выведены наружу через технологическое отверстие, предусмотренное для индицирования.

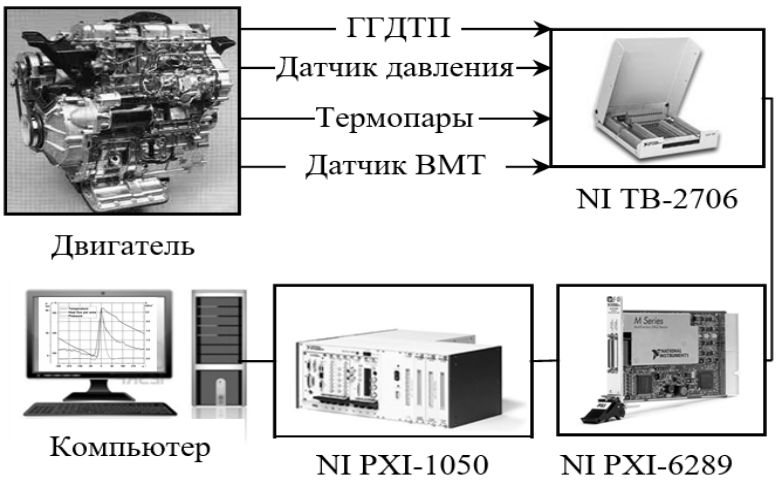


Рис. 1. Схема измерительной установки

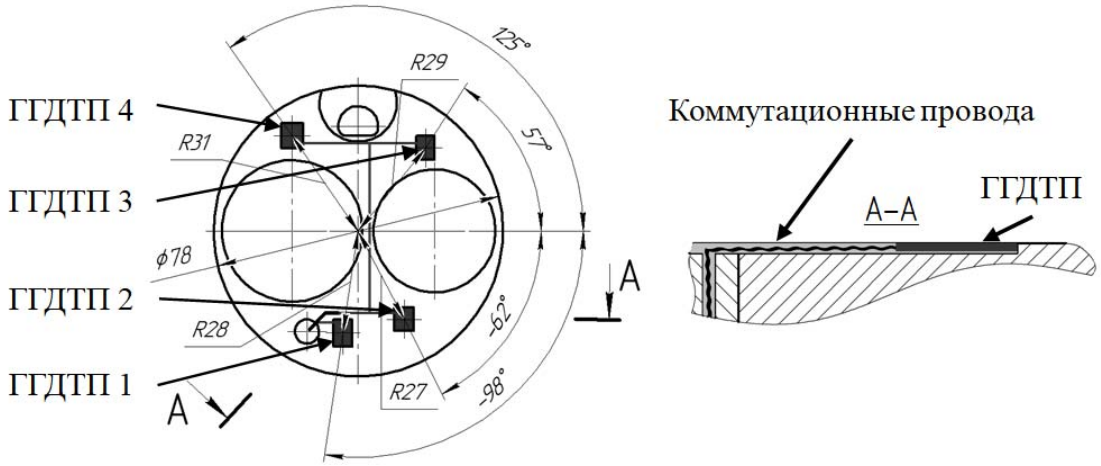


Рис. 2. Монтаж ГГДТП на огневой поверхности

Частота вращения и угол поворота коленчатого вала (ПКВ) определялись оптическим датчиком частоты вращения, фиксирующим положение верхней мертвой точки (ВМТ).

Для измерения давления использовался пьезоэлектрический датчик давления с коэффициентом чувствительности 10 мкВ/бар. Температура стенки в месте установки датчика регистрировалась хромель-алюмелевой термопарой.

Регистрацию сигналов обеспечивал измерительный комплекс National Instruments. Виртуальный прибор построен в программной среде LabVIEW. Разрешающая способность записи составила 0,2 ° ПКВ.

ГГДТП были предварительно отградуированы по джоуль-ленцовому потоку при различных температурах с относительной неопределенностью по ГОСТ Р 54500.3-2011 равной 4,7 %.

Эксперименты проводились с четырьмя ГГДТП, установленными заподлицо с поверхностью огневой плиты КС.

Результаты. Плотность теплового потока измерена для режимов работы с топливоподачей и без нее. Режим работы двигателя: холостой ход, 1500 об/мин. При меньшей

частоте вращения поршневые кольца недостаточно герметизируют камеру сгорания, индикаторная диаграмма становится искаженной.

На рис. 3 представлены временны́е теплограммы [1] и коэффициенты теплоотдачи для каждого из ГГДТП.

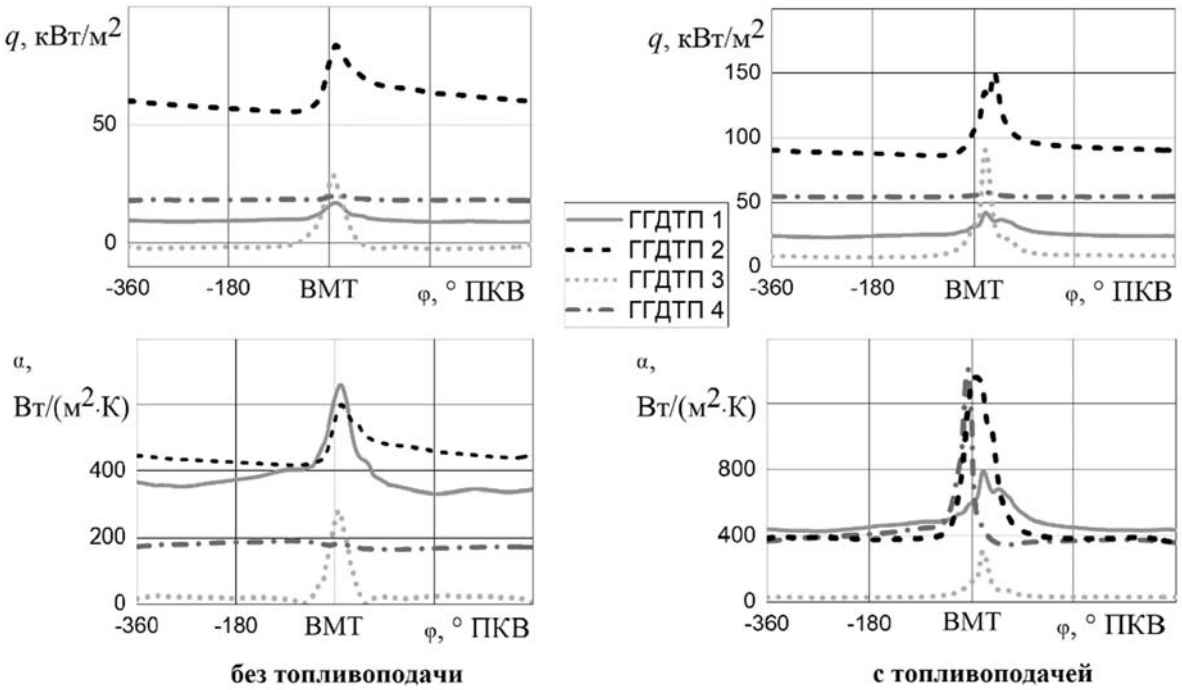


Рис. 3. Местные плотности теплового потока и коэффициенты теплоотдачи в различных точках КС

В первой серии опытов, когда осуществлялся монтаж 4 ГГДТП и 8 термопар для измерения температуры стенки и газа в точках расположения датчиков, измерения проводились как с топливоподачей, так и без нее. При работе без топливоподачи, выявлена неоднородная плотность теплового потока, однако максимум этой плотности во всех точках КС достигается одновременно вблизи ВМТ. Коэффициент теплоотдачи рассчитывался по измеренным значениям теплового потока, температуре стенки и температуре газа. Его максимум достигается одновременно с максимумом плотности теплового потока для ГГДТП 2, для ГГДТП 1 и 3 – на 2° и 5° ПКВ раньше, соответственно. Такое расхождение можно объяснить сложным характером движения газа в КС.

Для ГГДТП 4 изменение плотности теплового потока и коэффициента теплоотдачи незначительно. Для ГГДТП 3 в двух точках, около 60° до и после ВМТ, плотность теплового потока меняет знак; при этом коэффициент теплоотдачи достигает минимального значения. В месте установки ГГДТП 1 пиковое значение коэффициента теплоотдачи наибольшее из всех, хотя его среднее значение несколько ниже, чем у ГГДТП 2. Сравнивая ГГДТП 1 и 4, можно предположить, что при сходстве теплограмм, движение газа в КС около ГГДТП 1 более интенсивное.

При работе двигателя с топливоподачей изменение теплового потока в КС сходно с работой без топливоподачи. Отличие состоит в том, что пики «острее», а их значения больше, однако максимум также достигается одновременно по всей поверхности. Виден характерный для дизельных двигателей второй пик теплового потока, связанный с двойным сгоранием топлива. Он присутствует на всех кривых, но различен по форме. В месте установки ГГДТП 2 второй пик выше, чем первый. Возможно, что сгорание, начавшись в зоне ГГДТП 3, позже переместилось к ГГДТП 2. Ранее подтвердить его наличие экспериментально не представлялось возможным из-за отсутствия датчиков с достаточным быстродействием.

При работе с топливоподачей и без нее кривая коэффициента теплоотдачи сходна с кривой теплового потока. Однако пики коэффициентов теплоотдачи при работе с топливоподачей смещаются относительно ВМТ, максимумы достигаются неодновременно. Так, максимальные значения достигаются в месте установки ГГДТП 4 и 2. Моменты наступления максимума теперь сильно различаются: для ГГДТП 1 и 3 максимум наблюдается при 20°, для ГГДТП 2 – при 7°, а для ГГДТП 4 коэффициент теплоотдачи достигает наибольшего значения еще до ВМТ, при -7°. Это свидетельствует о неоднородном распределении и последующем сгорании топлива. Полученные значения коэффициента теплоотдачи согласуются с данными работы [5].

Более подробно изменение плотности теплового потока и коэффициента теплоотдачи вблизи ВМТ представлено на рис. 4. Стоит дополнительно отметить то, что во второй серии опытов температура газа восстанавливалась по измеренному давлению и известным параметрам цилиндра, а на головку монтировалось 4 ГГДТП и столько же термопар для измерения температуры стенки.

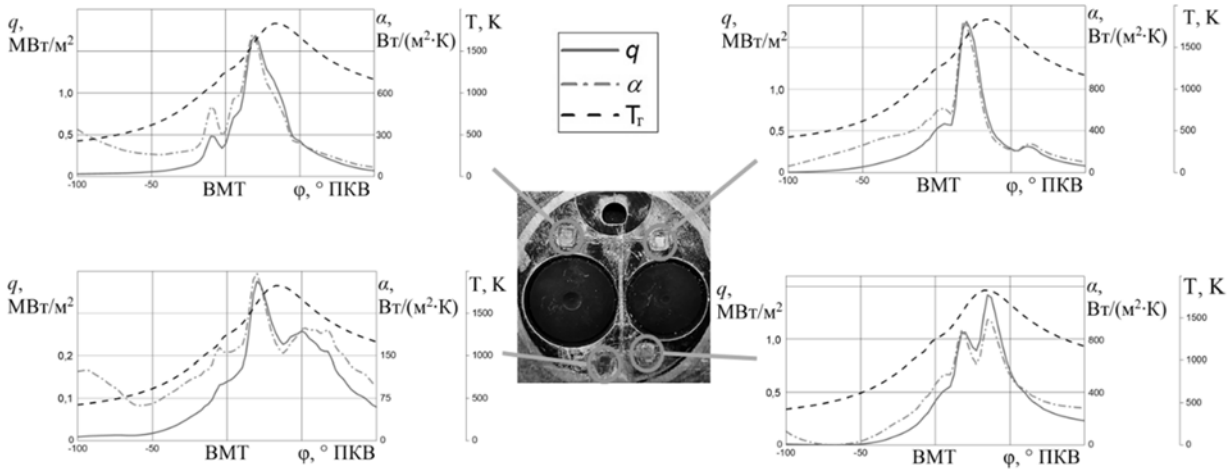


Рис. 4. Местные плотности теплового потока, коэффициенты теплоотдачи и восстановленная температура рабочего тела при работе с топливоподачей

Видно, что максимум температуры запаздывает относительно пиков теплового потока и коэффициента теплоотдачи. Различие значений местного коэффициента теплоотдачи, вычисленных двумя методами, можно объяснить тем, что расчет по установленным термопарам не вполне корректен: диапазон их работоспособности меньше диапазона изменения температуры газа в цикле.

Выводы.

- В работе успешно применены ГГДТП для исследования рабочих процессов в двигателе внутреннего сгорания.
- Выявлена неравномерность плотности теплового потока по поверхности огневой плиты. Максимум плотности теплового потока достигается во всех зонах одновременно.
- Показана возможность использовать ГГДТП для мониторинга рабочих процессов в КС дизеля. Новый метод позволяет оценить скорость и характер сгорания топлива в отдельных зонах КС.
- Результаты, полученные методом градиентной теплометрии, полезны для верификации моделей теплообмена в камере сгорания и создания систем мониторинга рабочих процессов дизеля.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сапожников С.З, Митяков Ю.В., Митяков А.В. Основы градиентной теплометрии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 203 с.

2. Mityakov, A., Mityakov, V., Sapozhnikov, S., Gusakov, A., Bashkatov, A., Seroshtanov, V., Babich, A. (2017). Hydrodynamics and heat transfer of yawed circular cylinder. International Journal of Heat and Mass Transfer, 115, 333–339. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.07.055.

3. Mityakov, V.Y., Sapozhnikov, S.Z., Zainullina, E.R., Babich, A.Y., Milto, O.A., & Kalmykov, K.S. (2017). Gradient heat flux measurement while researching of saturated water steam condensation, 891(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/891/1/012128.

4. Mityakov, V.Y., Grekov, M.A., Gusakov, A.A., Sapozhnikov, S.Z., Seroshtanov, V.V., Bashkatov, A.V., Kalmykov, K.S. (2017). Comprehensive study of flow and heat transfer at the surface of circular cooling fin. Journal of Physics: Conference Series, 891(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/891/1/012095.

5. Rakopoulos C.D., Antonopoulos K.A., Rakopoulos D.C., Giakoumis E.G. (2006). Study of combustion in a divided chamber turbocharged diesel engine by experimental heat release analysis in its chambers. Applied Thermal Engineering, 26, p. 1611–1620.

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА

УДК 53.06

А.А. Рулимов[1], С.А. Немов[1,2], А.В. Петрова[1]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Забайкальский государственный университет, г. Чита

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ЭКСТРУЗИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПОЛУЧЕНИЮ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕЛЛУРИДОВ СУРЬМЫ И ВИСМУТА

Введение. Применение термоэлектрических преобразователей энергии из года в год непрерывно расширяется. Обладая уникальным сочетанием конструктивных и эксплуатационных характеристик (прямое преобразование энергии, отсутствие движущихся частей, бесшумность, автономность и долговечность работы), эти устройства уже положительно зарекомендовали себя как в областях, связанных с военно-промышленным комплексом, так и в повседневной жизни.

Одним из важнейших этапов производства термоэлектрических преобразователей энергии, обеспечивающим им конкурентные преимущества, является получение эффективных термоэлектрических материалов (далее ТЭМ). Наибольшего внимания в промышленных масштабах изготовления ТЭМ добились прессование в замкнутой матрице (включая холодное с последующим спеканием), экструзия и зонная плавка, относящаяся к группе методов направленной кристаллизации (куда также входят методы Бриджмена и Чохральского).

Прессование в замкнутой матрице позволяет получать ветви термоэлементов различной геометрической формы и с точно заданными размерами. Иная ситуация с другими вышеупомянутыми методами: продуктом экструзии и зонной плавки зачастую является образец круглого сечения, из которого, в свою очередь, вырезаются ветви. Данный образец характеризуется тремя параметрами, входящими в формулу термоэлектрической эффективности Z, а также их температурными зависимостями:

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi}, \quad (1)$$

где α – коэффициент Зеебека (коэффициент термоЭДС); σ – удельная электропроводность; χ – удельная теплопроводность.

Однако значения трех этих параметров в различных областях любого поперечного сечения полученного ТЭМ отличаются друг от друга, следовательно, и ветви из одного и того же сечения имеют совершенно разные характеристики, что не учитывается при сборке термоэлементов.

Работы [1, 2] наглядно свидетельствуют об отсутствии каких-либо зависимостей в распределении термоэлектрических свойств, а именно коэффициента Зеебека α, в поперечном сечении образцов, изготовленных зонной плавкой. Причиной этому может служить один из недостатков данного метода – неравномерное распределение температуры вследствие неодинакового теплоотвода при кристаллизации в центре и по краям слитка, приводящее к неоднородности состава на фронте кристаллизации [2]. Согласно другой гипотезе, в процессе зонной плавки по направлению движения зоны «растут» разнородные формирования с характерной структурой, составом и, как следствие, термоэлектрическими свойствами, что и объясняет подобное хаотичное распределение α. В работе [2] показано, что для улучшения однородности состава и свойств в термоэлектрических материалах на основе слоистых

полупроводниковых соединений $A^V{}_2B^{VI}{}_3$ эффективным является использование вибрации в процессе вертикальной зонной плавки.

Экструдированные материалы имеют структурную разориентацию зерен, снижающую термоэлектрическую эффективность по сравнению с материалами, изготовленными методом зонной плавки. Однако снижение Z частично компенсируется снижением теплопроводности за счет рассеяния фононов на дефектах [3]. Кроме того, экструдированные ТЭМ в лучшую сторону отличаются по прочностным характеристикам.

На конечные структуру и свойства экструдированных материалов оказывают влияние множество факторов, таких как форма фильеры, структура исходной пресс-заготовки, скорость и степень деформации, температура и др. [4], что затрудняет процесс прогнозирования термоэлектрических параметров экструдата. Помимо этого, исследуемые соединения $A^V{}_2B^{VI}{}_3$ кристаллизуются со значительным отклонением от стехиометрического состава [5]; это приводит к образованию большого количества разнообразных электрически активных точечных дефектов, чье влияние на термоэлектрические свойства различно. Для повышения эффективности использования ветвей, производимых методом прямой горячей экструзии, в данной работе была предпринята попытка установить наличие и описать распределение термоэлектрических свойств в поперечном сечении экструдированных ТЭМ.

Эксперимент. В работе исследовался ТЭМ с дырочным типом проводимости на основе тройного твердого раствора $Bi_xSb_{2-x}Te_3$, который широко применяется в термоэлементах с рабочей температурой от комнатной до 600 К. Молярное соотношение между теллуридами сурьмы и висмута было выбрано близким к 4:1 (Sb:Bi = 4:1), так как именно подобные составы обладают максимальным значением термоэлектрической эффективности в ряду твердых растворов [6]. Оптимальной для таких составов является концентрация носителей тока в несколько единиц на 10^{19} $см^{-3}$.

Синтез $Bi_xSb_{2-x}Te_3$ происходил в индукционной печи при температуре 1,10–1,15 от температуры плавления сурьмы – самого тугоплавкого из исходных компонентов. Процесс вертикальной экструзии осуществлялся в атмосфере аргона с $T_э$> 400 ˚С и скоростью перемещения пуансона 0,3 мм/мин.

Для тонкой «настройки» оптимального состава и «залечивания» дефектов кристаллического строения подобных слоистых полупроводников часто используются добавки селена для создания четверных твердых растворов $(Bi_xSb_{2-x})(Te_{3-y}Se_y)$ [7]: в этом случае температуру экструзии приходится несколько снижать вследствие возможного образования эвтектического состава сурьмы с селеном.

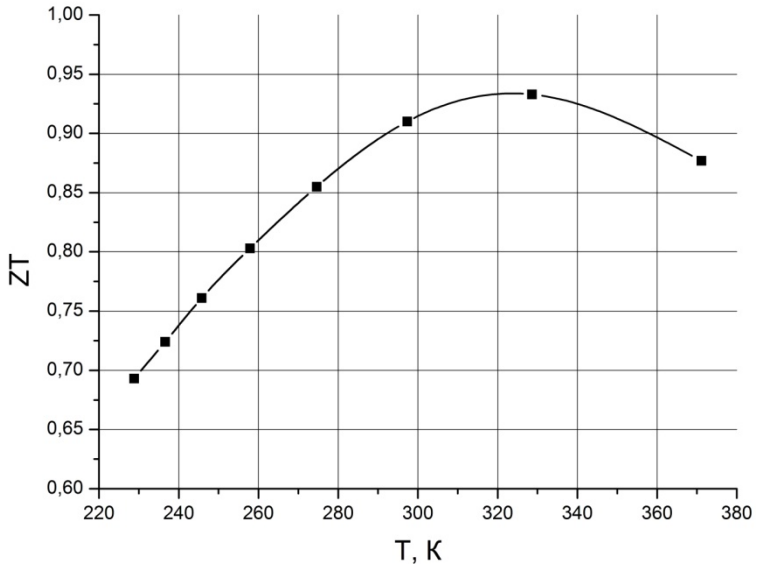


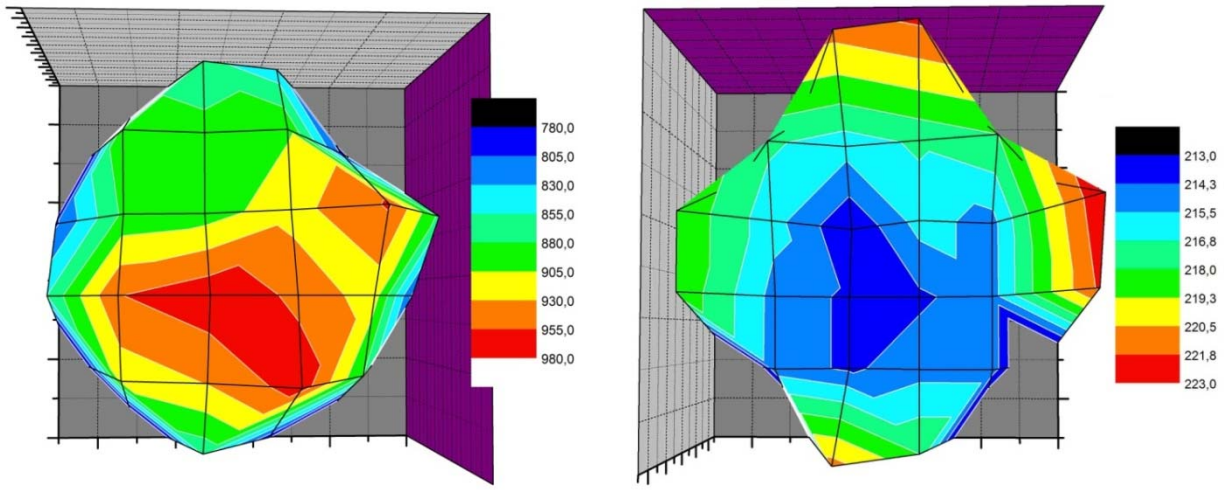
Рис. 1. Температурная зависимость параметра Иоффе ZT экструдированного материала

Термоэлектрические свойства полученного экструдата представлены на рис. 1 в виде температурной зависимости безразмерной величины ZT (параметр Иоффе), максимум которой располагается в интервале температур 300–350 К. Зависимость получена с помощью ZT-сканера Alcatel Drytel-300.

Для изучения неоднородности термоэлектрических свойств был отобран цилиндрический экструдированный образец диаметром 25,4 мм без видимых дефектов с параметрами α = 220 мкВ/К и σ = 1009 $(Ом \cdot см)^{-1}$ (термоэлектрическая мощность равняется 48,8 $мкВт/(см \cdot К^2)$), из которого впоследствии были вырезаны 24 образца в форме параллелепипеда 3,7×3,7×20 мм. Такое разбиение позволило охватить бóльшую часть сечения экструдата.

Перед циклом измерений удельной электропроводности и коэффициента Зеебека рабочие грани каждого параллелепипедального образца были обработаны абразивным материалом для удаления оксидной пленки; для улучшения теплового и электрического контакта использовался легкоплавкий сплав In-Ga.

С помощью программы Origin были получены следующие карты цветов, отражающие распределения удельной электропроводности (рис. 2, *а*) и коэффициента Зеебека (рис. 2, *б*) в экструдированном материале.



а) *б*)

Рис. 2. Распределения удельной электропроводности $[Ом \cdot см]^{-1}$ (*а*) и коэффициента Зеебека [мкВ/К] (*б*) в поперечном сечении экструдированного образца

Карты цветов на рис. 2 наглядно свидетельствуют о наличии некоторого подобия радиального распределения термоэлектрических свойств с максимумом удельной электропроводности в центральной области и максимумом коэффициента Зеебека на периферии экструдата.

Обсуждение результатов. Представленные выше зависимости с некоторой точностью можно математически описать формулами типа $kx + b$ или $a^x + c$, с помощью которых, в свою очередь, найти средние значения удельной электропроводности и коэффициента Зеебека экструдированного образца. Найденные таким образом величины оказались ниже исходных вследствие увеличения влияния нарушенных слоев (после электроэрозионной резки струной) и сложности измерения малых образцов.

Одной из основных причин вышеописанной неоднородности термоэлектрических свойств в экструдированных материалах является неоднородность деформаций в процессе экструзии, а именно наличие больших сдвиговых деформаций периферийных областей и их отсутствие в центральной зоне. Подобная разнохарактерность напряженно-деформированного состояния в различных участках была установлена с помощью математического

моделирования процесса горячей экструзии термоэлектрических материалов, например, в работах [8, 9], а также подробно описывается при рассмотрении типовой координатной сетки после прямой экструзии слитка круглого сечения через одноканальную фильеру в [10]. Имеющее, судя по всему, при данных условиях место пирамидальное (по плоскости {1011}) скольжение дислокаций в периферийных областях является причиной так называемого «донорного эффекта» – повышения концентрации электронов в зоне проводимости дырочного полупроводника в результате пластической деформации при повышенных температурах с малыми скоростями [11]. На практике данный эффект выражается в уменьшении электропроводности, что и наблюдается при движении от центральной области экструдата к его периферии. В то же время вышеуказанные сдвиговые деформации положительно сказываются на величине коэффициента Зеебека, а менее деформированная и с меньшим количеством дефектов центральная зона характеризуется максимумом удельной электропроводности.

Заключение. В заключении хочется отметить, что вышеописанные результаты позволяют в случае необходимости дополнительно сортировать разрезанный на ветви экструдированный материал в зависимости от требуемого уровня удельной электропроводности и коэффициента Зеебека для повышения эффективности его использования при сборке термоэлектрических преобразователей энергии, а также указывают на ряд особенностей процесса экструзии применительно к производству термоэлектрических материалов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Sergey A. Nemov, Arseny A. Rulimov and Alexandr V. Shchegol’kov. Special Features of the Thermoelectric Materials Based on Antimony and Bismuth Tellurides Produced by Directional Crystallization. – Smart Nanocomposites letters, Volume 1, Number 2. – Science Impact, SC, U.S.A. – 2018. – P. 108–112.

2. Л.Т. Струтинская. Влияние вибрации на однородность термоэлектрических материалов на основе Bi_2Te_3, выращенных методом вертикальной зонной плавки. – Термоэлектричество. – № 4. – 2012. – С. 58–63.

3. А.В. Симкин, А.В. Бирюков, Н.И. Репников, В.В, Ховайло. Термоэлектрическая эффективность низкотемпературных материалов, возможности ее повышения. – Вестник Челябинского государственного университета. Физика. – Вып. 20. – 2015. – С. 21–29.

4. А.И. Простомолотов, Н.А. Верезуб. Динамическое моделирование пластического формования термоэлектрического материала методом горячей экструзии. – Вестник Тамбовского университета. Физика. – Т. 21, вып. 3. – 2016. – С. 818–820.

5. С.А. Немов, Ю.В. Улашкевич, А.А. Аллаххах. – ФТП, 51, 1346 (2017).

6. M.K. Keshavarz, D. Vasilevskiy, R.A. Masut, and S. Turenne. p-Type Bismuth Telluride-Based Composite Thermoelectric Materials Produced by Mechanical Alloying and Hot Extrusion. – Journal of Electronic Materials. – 2012.

7. Л.Н. Лукьянова, В.А. Кутасов, П.П. Константинов. – ФТТ, 47(2), 224 (2005).

8. М.Г. Лаврентьев, М.В. Меженный, В.Б. Освенский, А.И. Простомолотов. Математическое моделирование процесса экструзии термоэлектрического материала. – Моделирование процессов и материалов. – Материалы электронной техники. – № 3. – 2012. – С. 35–40.

9. А.М. Золотов, Д.Д. Кузавкова. Моделирование процесса горячей экструзии порошков теллурида висмута и сурьмы. – Материалы научной конференции с международным участием Неделя науки СПбПУ. ИММиТ, часть 1. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та. – 2017. – С. 11–13.

10. В.В. Жолобов, Г.И. Зверев. Прессование металлов. – Под ред. проф. д.т.н. И.Л. Перлина. – Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1959. – С. 40.

11. С.С. Горелик, В.Л. Абламский. В сб. "Структура и свойства термоэлектрических материалов". – Москва: изд. МИСиС, 1974. – С. 95–99.

УДК 666.22

М.Г. Дронова, А.В. Семенча, Н.Г. Колбасников
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТЕКОЛ As-S-Se-I ДЛЯ ИНФРАКРАСНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Введение. Для создания оптического элемента, в котором присутствует механический контакт стекла и металла необходимо учитывать термические и механические характеристики компонентов конструкции. Для повышения КПД инфракрасных диодов на них наносят линзы из халькогенидных стекол. Оптические характеристики многих стекол уже известны, однако механическим параметрам не уделено должного внимания. Известно, что при введении йода в халькогенидные стеклаAs-S-Seвозникают значительные изменения структуры. В связи с этим, актуальной задачей является изучение влияния йода на физические параметры стекла, такие как модуль Юнга, модуль Пуассона, коэффициент термического расширения, температура стеклования, температура плавления и др.

Целью работы является изучение влияния йода на термические и механические параметры стекла As-S-Se-I.

Актуальность. Создание фото- и светодиодов является сложной задачей. Основной проблемой готовых оптических изделий является низкий КПД по причине самопоглощения излучения в объеме кристалла. Существуют разные варианты решения данной проблемы: увеличение шероховатости поверхности излучающего кристалла, нанесение специальных покрытий, использование фокусирующих линз. В качестве материалов для линз могут быть использованы полимерные материалы (ПММА, полистирол и др. [1]), монокристаллы Si, ZnS [2], а также халькогенидные стекла [3]. Синтез стекол существенно дешевле процесса выращивания монокристаллов. Оптический диапазон пропускания халькогенидных стекол охватывает всю ИК-область [4], в отличие от полимерных материалов, в которых присутствуют полосы поглощения в диапазоне 0,76–25 мкм. Наиболее точные оптические детали могут быть получены из легкоплавких стекол As-S-Se-I [5]. В композициях стекло-металл, как правило, возникают напряжения. Для оценки напряжений, подбора и создания новых оптических материалов необходимо знать характеристики стекол.

Стекла $(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}I_x$ были исследованы методом дифференциального термического анализа при скорости нагревания 2,5 град/мин, ультразвуковым, дилатометрическим методами. Стекла синтезировали из высокочистых (ОСЧ) элементов вакуумным спеканием в качающейся печи при нагреве до 600 ℃. Коэффициент Пуассона, модуль Юнга были рассчитаны по скорости распространения продольных и поперечных волн в образцах стекла [6]. Измерения проводились ультразвуковым методом с использованием дефектоскопа УД2-12. Точность измерения пробега импульса 0,01 мкс. Частотные характеристики: 5 МГц – для продольных волн, 1,67 МГц – для сдвиговых. Измерение скорости продольных волн проводилось “эхо-методом” при температуре 25 ℃. Скорость сдвиговых волн измерялась методом прохождения сигнала между двумя головками с Y-срезом пьезокварца. Погрешность измерения: 0,3% – продольные волны, 0,5% – сдвиговые волны. Определение коэффициента термического расширения проводили при стандартной скорости нагревания 3 град/мин на дилатометре WinTA 908. Плотность стекол измеряли методом гидростатического взвешивания, в качестве жидкости использовали тетрахлорид углерода ХЧ.

Результаты измерения плотности представлены на рис. 1. Видно, что при повышении концентрации йода плотность стекла увеличивается и, следовательно, молярный объем стекла становится меньше, что позволяет судить о том, что сетка стекла становится более плотноупакованной. По дилатометрическим измерениям (рис. 2) определены температуры стеклования и плавления, произведен расчет коэффициентов термического расширения: α_i –

стекла в твердом состоянии и α_e – стекла в вязкоупругом состоянии (табл. 1). Зависимости температуры стеклования, плавления от содержания йода носит нелинейный характер (рис. 3). С увеличением концентрации йода стекло становится более легкоплавким. Результаты дифференциального дилатометрического анализа так же показывают, что температурная граница перехода стекла из твердого состояния в вязкоупругое снижается при введении йода в стекло. Наименьшее значение температуры плавления, при которой ещё возможна эксплуатация стекла в качестве линзы, наблюдается при введении 12,6 мол.% йода в состав стекла.

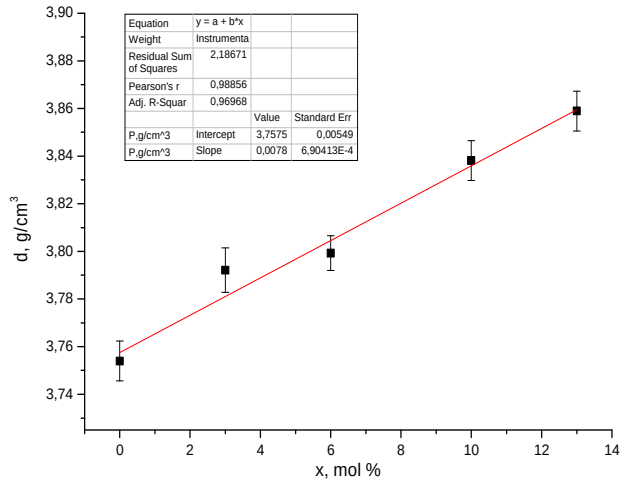


Рис. 1 Зависимость плотности стекла $(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}I_x$ от содержания йода

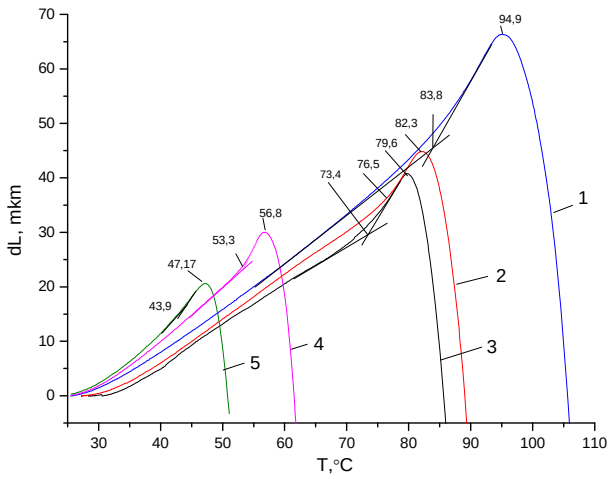


Рис. 2. Дилатометрические зависимости стекла $(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}I_x$ с разным содержанием йода: 1) – 0 мол.%, 2) – 3 мол.%, 3) – 6 мол.%, 4) – 10 мол.%. 5) – 13 мол.%

Таблица 1. Термические характеристики стекол $(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}I_x$

Состав, мол. %		T_g, ℃(2,5 К/мин)	T_g, ℃(3К/мин)	$T_{пл}$, ℃ (3 К/мин)	$\alpha_e \cdot 10^6$, K^{-1}	$\alpha_i \cdot 10^6$, K^{-1}
$(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}$	I_x					
100,00	0	83,8	82,3	94,9	99,1	43,8
96,77	3,23	76,5	67,2	82,3	95,8	40,7
93,75	6,25	73,4	53,1	79,6	87,6	35,5
90,00	10,00	53,3	43,4	56,8	118,0	49,3
87,38	12,62	43,9	29,5	47,2	79,1	61,0

Расчет коэффициентов упругости производился в соответствии с формулами:

$$C_{11} = dC_l^2, \quad (1)$$

$$G = dC_t^2, \quad (2)$$

$$\mu = \left[\left(\frac{C_l}{C_t}\right)^2 - 2\right] / 2\left[\left(\frac{C_l}{C_t}\right)^2 - 1\right], \quad (3)$$

$$E = \frac{C_{11}(1+\mu)(1-2\mu)}{1-\mu}, \quad (4)$$

$$K = \frac{C_{11}(1+\mu)}{3(1-\mu)}, \quad (5)$$

где C_l, C_t – скорости прохождения продольных и поперечных волн соответственно, d – плотность, μ – коэффициент Пуассона, G – модуль сдвига, E – модуль Юнга, K – коэффициент объемного сжатия.

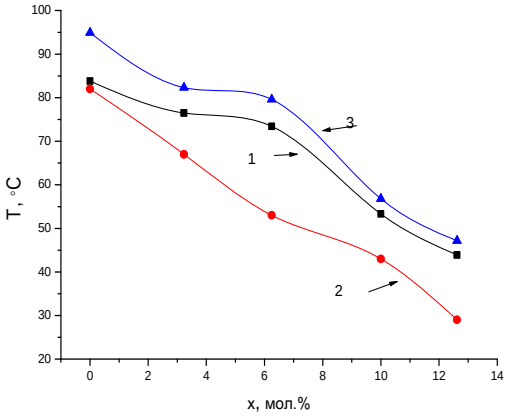


Рис. 3. Зависимости характерных температур стекла $(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}I_x$от содержания йода: 1) – температура стеклования (2,5 К/мин), 2) – температура стеклования (3 К/мин), 3) – температура плавления (3 К/мин)

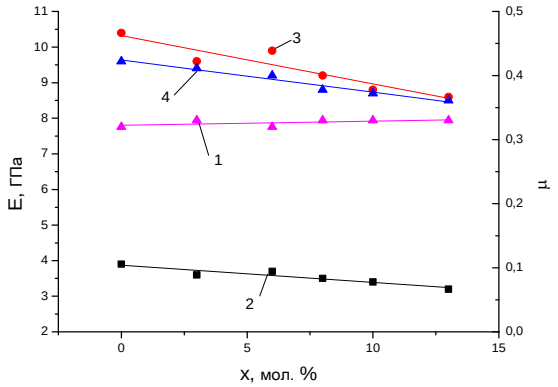


Рис. 4. Зависимость механических характеристик, определенных ультразвуковым методом, от содержания йода для стекол состава $(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}I_x$: 1 – коэффициент Пуассона; 2 – модуль сдвига; 3 – модуль Юнга; 4 – коэффициент объемного сжатия

Коэффициент Пуассона практически не зависит от концентрации йода (рис. 4). Наибольшее влияние йода наблюдается в зависимости модуля Юнга, коэффициента объемного сжатия, изменяющихся линейно (табл. 2).

Таблица 2. Механические характеристики стекол $(As_{14,22}S_{26,89}Se_{58,89})_{1-x}I_x$

Состав, мол. %		$d, г/см^3$	$G, ГПа$	μ	$E, ГПа$	$K, ГПа$
$(As_{14,22}S_{26,89}\,Se_{58,89})_{1-x}$	I_x					
100,00	0	3,75	3,9	0,32	10,4	9,6
96,77	3,23	3,79	3,6	0,33	9,6	9,4
93,75	6,25	3,80	3,7	0,32	9,9	9,2
90,00	10,00	3,84	3,4	0,33	8,8	8,7
87,38	12,62	3,86	3,2	0,33	8,6	8,5

Выводы. Результаты экспериментов показали, что добавка йода в стекло As-S-Se в значительной степени влияет на изменение температуры плавления и упругих модулей. При увеличении концентрации йода стекло становиться более легкоплавким и менее прочным. Критическое содержание йода, при котором стекло имеет минимально возможную для эксплуатации температуру плавления, составляет 12,6 мол.%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. IOVU M. S., New As2S3:Pr3* – polymer composite materials. Journal of optoelectronics and advanced materials Vol. 8, No. 1, February 2006, P. 257–260.

2. Juejun Hu, Lan Li at all. Flexible integrated photonics: where materials, mechanics and optics meet [Invited]. Optical materials express. V. 3, No. 9. P. 1.

3. Немилов С.В. Оптическое материаловедение: Оптические стекла. Учебное пособие, курс лекций. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 175 с.

4. Борисова З.У. Халькогенидные полупроводниковые стекла. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. – 344 с.

5. Markov V.A., Semencha A.V at all. Adhesive As-S-Se-I immersion lenses for enhancing radiation characteristics of mid-IR LEDs operating in wide temperature range. Infrared Physics and Technology. Infrared Physics and Technology. 2016, Vol. 78, P. 167–172.

6. ГОСТ 25095-82. Сплавы твердые спеченные. Метод определения модуля упругости (модуля Юнга) (с Изменением N 1).

УДК 669.295

О.С. Новожилова[1], С.И. Синёва[2], Р.В. Старых[1,2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]ООО «Институт Гипроникель»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ Co-Cu-Ni С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ

Фазовая диаграмма трехкомпонентной системы Co-Cu-Ni очень важна для ученых-металлургов и материаловедов. В частности, сплавы Co-Cu-Ni были предложены в качестве перспективных кандидатов для синтеза магнито-гетерогенных микроструктур, содержащих твердые и мягкие магнитные фазы, которые остаются распределенными внутри немагнитной матрицы Cu. Кроме того, сплавы этой системы могут использоваться в качестве катализаторов и режущих инструментов.

Данная работа посвящена изучению высокотемпературных превращений и построению проекций поверхностей ликвидуса и солидуса трехкомпонентной системы Co-Cu-Ni с использованием экспериментальных методов, а именно дифференциального термического анализа, растровой электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа и рентгенофазового анализа. Отдельное внимание посвящено детальному изучению двухфазной области.

Наличие двухфазной области в системе Co-Cu-Ni показал анализ фазовых равновесий в двойных системах Co-Cu, Co-Ni и Cu-Ni. Фазовые диаграммы перечисленных систем хорошо изучены [1–3], и результаты многих авторов согласуются между собой. Отдельное внимание уделяется системе Co-Cu, которая имеет тенденцию к образованию метастабильного разрыва в жидкой фазе. Обзор литературы показал, что изучение высокотемпературных превращений, а именно построение проекции поверхности ликвидуса обсуждаемой системы Co-Cu-Ni датировано 1914 годом [4], данных о проекции поверхности солидуса не обнаружено. Позднее в 1938 году [5] были построены политермические сечения при содержании Ni от 10 до 90 мас.% и при постоянном соотношении Co: Cu 1: 1. Авторы данной работы также показали область расслаивания твердого раствора, которая возникает из двойной системы Cu-Co при различных температурах. Положение конод в пределах области расслаивания определялись путем измерения температуры Кюри. В 1982 году [6] исследовали фазовые равновесия при температурах 877–1277°C с использованием метода диффузионных пар и расчетов на основе экспериментальных данных. Тем не менее, ни в одной из перечисленных работ не проведено детальное изучение фазовых взаимодействий в указанной системе при участии расплава. Поэтому настоящая работа посвящена исследованию фазовых равновесий в высокотемпературной области системы Ni-Co-Cu и построению проекции поверхностей ликвидуса и солидуса обсуждаемой системы с использованием экспериментальных методов.

Для исследования выбраны составы экспериментальных образцов, лежащие в узлах сетки на концентрационном треугольнике Гиббса с шагом изменения по каждому компоненту 10% масс. Таким образом, выбранные составы охватывают всю область исследуемой системы Ni-Co-Cu. Кроме того, дополнительно синтезировались составы, расположенные вблизи двухфазной области. Всего для исследования было выбрано более 50 составов. Синтез экспериментальных образцов осуществлялся из металлов высокой чистоты. Масса каждого образа составляла 500 мг. Механическую смесь металлов в заданном соотношении помещали в кварцевую ампулу, вакуумировали до остаточного давления $P_{ост} = 10^{-2}$ атм., нагревали для удаления возможных органических примесей и запаивали под вакуумом. Запаянные ампулы помещали в индукционную печь и нагревали до температуры на 50–100°C выше предполагаемой температуры ликвидуса образцов. Финальная температура поддерживалась в

печи в течение длительного промежутка времени для усреднения состава расплава по всему объему. Далее ампулу с расплавом закаливали в воду для получения мелкозернистой квазиравновесной структуры. Полученные заготовки прокатывались в ленту для удобства измельчения и дальнейшего исследования методами ДТА, РЭМ-РСМА и РФА. Таким образом, для исследования высокотемпературной части системы Ni-Co-Cu было синтезировано более 50 образцов.

Характеристические температуры солидуса и ликвидуса определялись с помощью дифференциального термического анализа (ДТА). Для проведения термоаналитических экспериментов использовалась установка SETSYS evolution TG-DSC/DTA 1750 производства компании SETARAM (Франция). При проведении термоаналитических экспериментов образцы массой 25–35 мг помещались в корундовый тигель объемом 80 мкл, и устанавливались на ДТА-датчик S-типа (материалы термопар Pt/PtRh 10%). Температурные показания датчика предварительно калибровались при проведении серии экспериментов по определению температур плавления металлов высокой чистоты с различными скоростями нагрева (Al, Ag, Au, Cu, Ni, Pd). Полученная калибровочная поправка учитывалась при проведении финальных экспериментов. В результате калибровки погрешность определения температур фазовых переходов составила ± 1–3°C (в зависимости от формы термического эффекта). В качестве эталона использовали пустой корундовый тигель.

При проведении экспериментов синтезированные образцы подвергались двойному нагреву со скоростью 15°C/мин, максимальная температура 1600°C, скорость охлаждения составляла 30°C/мин, термические эффекты регистрировались только на участке нагрева. В течение эксперимента в камере печи поддерживалась динамическая инертная атмосфера. В качестве газа-носителя использовался предварительно очищенный от кислорода и влаги аргон марки ВЧ. Расход инертного газа контролировался в течение всего эксперимента и составлял 40 мл/мин.

На рис. 1 представлены характерные термограммы для образцов, находящихся в области твердофазного расслаивания и за ее пределами. Для образцов за пределами области расслаивания (рис. 1, *а*) мы наблюдаем только один термический эффект, отвечающий плавлению непрерывного твердого раствора. Для составов, находящихся в области расслаивания (рис. 1, *б*), характерно наличие двух термических эффектов, отвечающих за плавление твердого раствора на основе меди и Ni-Co-Cu твердого раствора. Температура первого эффекта (onset) отвечает температуре солидуса, температура второго эффекта (offset) отвечает температуре ликвидуса системы Co-Cu-Ni.

Границы двухфазной области и составы равновесных фаз определялись с применением методов растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа. Строение и фазовый состав образцов анализировались с использованием растрового электронного микроскопа Tescan TS 5130MM (Чехия) с системой микроанализа INCA (Oxford Instruments, UK). В качестве дополнительного метода исследования фазового состава использован рентгенофазовый анализ, позволяющий качественно оценить параметры кристаллических решеток фаз экспериментальных образцов. Исследования выполнены на рентгеновском дифрактометре DIFRAY 401м.

На рис. 2 представлены строения образцов системы Ni-Co-Cu. показано, что первый образец (рис. 2, *а*) отвечает гомогенному твердому раствору, второй образец (рис. 2, *б*) имеет двухфазную структуру. В табл. 1 приведены сведения о составе равновесных фаз по данным РСМА-анализа. С помощью этих данных мы можем определить крайние точки конод, и, следовательно, границы области расслаивания в обсуждаемой системе.

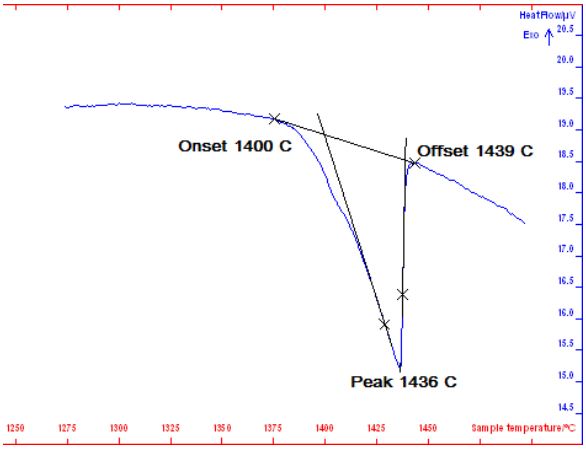


Рис. 1, *а*. Термограмма образца, находящегося за пределами двухфазной области системы Ni-Co-Cu (% масс.) 40-40-20

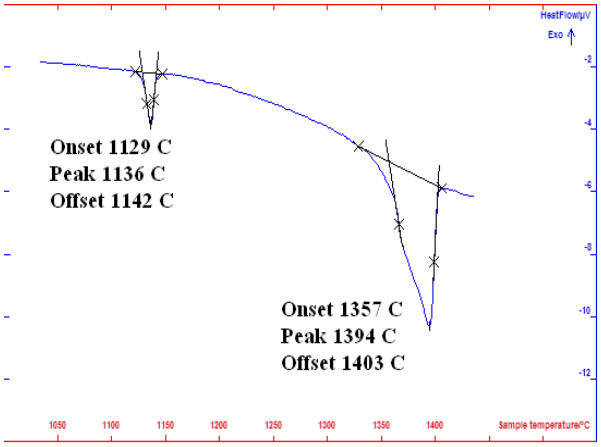


Рис. 1, *б*. Термограмма образца, находящегося в двухфазной области системы Ni-Co-Cu (% масс.) 10-60-30

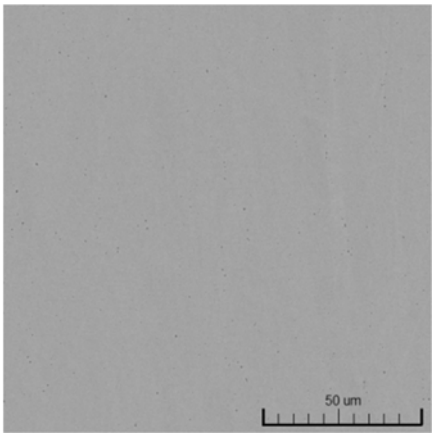


Рис. 2, *а*. Микроструктура образца за пределами двухфазной области системы Ni-Co-Cu (% масс.) 60-20-20

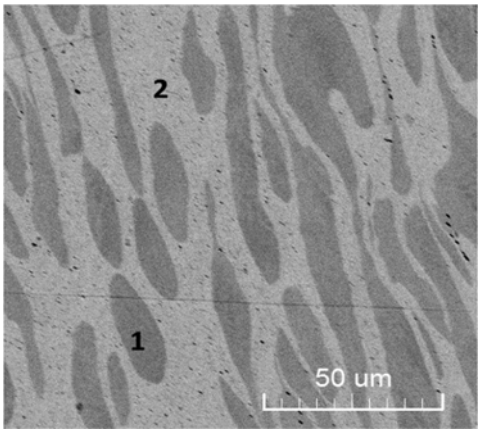


Рис. 2, *б*. Микроструктура образца в двухфазной области системы Ni-Co-Cu (% масс.) 37,5-2,5-60
1 – твердый раствор Ni-Co-Cu,
2 – твердый раствор на основе Cu

Таблица 1. Состав равновесных фаз

Составляющая	Co	Cu	Ni
Заданный средний состав	37.5	2.5	60
Полученный средний состав	36.7	2.5	60.8
Твердый раствор Ni-Co-Cu	78.4	3.9	17.7
Твердый раствор на основе Cu	6,1	1,3	92,7

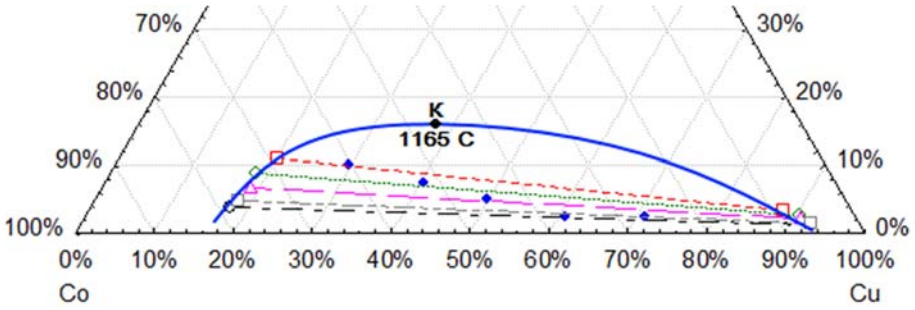


Рис. 3. Область расслаивания на проекции поверхности солидуса системы Ni-Co-Cu

Таким образом, на основании результатов ДТА и РЭМ-РСМА получена информация о температурах и положении конод, а также о составах равновесных фаз в области расслаивания системы Ni-Co-Cu. На рис. 3 приведена область расслаивания на проекции поверхности солидуса системы Ni-Co-Cu, построенная на основании полученных результатов. Составы равновесных фаз в данной двухфазной области связаны конодами. При температуре 1165°С показана критическая точка расслаивания (К), ее состав (% масс): 36,5%Cu-45%Co-18,5%Ni.

Кроме того, в результате проведения экспериментальных исследований построены проекции поверхностей ликвидуса и солидуса трехкомпонентной системы Ni-Co-Cu.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-03-00987; №17-08-00875 и №18-29-24166.

ЛИТЕРАТУРА:

1. T.B. Massalski. Binary Alloy Phase Diagrams // American Society for Metals, 1986.
2. Elliot R.P. Properties of binary systems // Metallurgia, Moscow, Russia, 1970.
3. O. Kubaschewski. Iron Binary Phase Diagrams //Springer Verlag, Berlin, 1982.
4. Waehlert M. Studies on Copper-Nickel-Cobalt Alloys (in German)/ Oesterr. Z. Berg-Huettenwesen, 62, 357–361, 374–378 (1914).
5. Dannoehl W., Neumann H. Ueber Dauermagnetlegierungenaus Kobalt, Kupfer und Nickel (in German)/ Z. Metallkd., 30, 217–231 (1938).
6. Hasebe M., Oikawa K., Nishizawa T. Computer Calculation of Phase Diagrams of Co-Cu-Mn and Co-Cu-Ni Systems, Nippon Kinzoku Gakkai Shi, 46(6), 584–590 (1982).

УДК 669.14.018.295:621.791.051.6

А.В. Батасов, Г.Е. Коджаспиров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СТУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В СТАЛИ КЛАССА ПРОЧНОСТИ 690, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КУЗОВОВ И ПЛАТФОРМ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Введение. В настоящее время выпускается широкий ассортимент большегрузной техники: карьерные самосвалы грузоподъемностью от 30 до 450 тонн, машины для обслуживания горнотранспортных и подземных работ, а также специальные машины и т.д. [1].

Большегрузные строительные автомобили-самосвалы работают, в основном, на крупных стройках в различных географических регионах страны, что и определяет их условия эксплуатации [2]. Важнейшей характеристикой при оценке способности конструкционных сталей для эксплуатации в условиях низких температур является определение ударной вязкости при низких климатических температурах [3, 4].

Карьерные самосвалы предназначены для работы в различных климатических условиях эксплуатации (при температуре окружающего воздуха от -50 до +50 градусов) [5].

Разработка новых экономно-легированных высокопрочных хладостойких сталей для производства листового проката, предназначенного для изготовления кузовов, платформ и других ответственных сварных несущих узлов большегрузных автомобилей с пониженным углеродным эквивалентом и хорошей свариваемостью, является актуальной и своевременной задачей.

Цель работы: изучение процессов структурообразования, протекающих при термической обработке высокопрочной экономно-легированной хладостойкой стали, предназначенной для изготовления кузовов и платформ большегрузных автомобилей.

Задачи: 1. Исследование влияния режимов закалки и отпуска на механические свойства стали; 2. Исследование структуры стали после термической обработки методами оптической металлографии и просвечивающей микроскопии; 3. Разработка рекомендаций по

оптимальным режимам термической обработки для получения высокого уровня механических свойств стали типа 09ХГН2МД.

Материалы и методики. В качестве материала для исследования была выбрана низкоуглеродистая высокопрочная экономно-легированная хладостойкая свариваемая сталь типа 09ХГН2МД, с гарантированным пределом текучести не ниже 690 МПа. Углеродный эквивалент стали, отвечающий за свариваемость, составлял Сэкв=0,51. Для проведения исследования вырезали образцы из горячекатаных листов толщиной 12 мм.

Исследования структуры металла проводили на образцах после закалки от температуры 950°С в воду и последующий отпуск в течение 180 минут при температурах 570, 630 и 690 °С.

Механические испытания стали на растяжение проводили в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данной продукции: ГОСТ 1497–84, а на ударный изгиб – по ГОСТ 9454–78 при температуре –70°С.

Результаты исследования. Механические свойства стали 09ХГН2МД после закали и после закалки и отпуска приведены в табл. 1.

Таблица 1. Механические свойства стали 09ХГН2МД после закалки от 950°С и после отпуска

Состояние	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	KCV^{-70}, Дж/см^2
После закалки от 950°С	826,8	1023,4	13,8	54,1
Т отпуска, °С				
570	729,2	793,1	18,5	142,3
630	741,8	790,6	19,2	171,6
690	523,1	622,3	25,3	271,1
Требования, предъявляемые к стали 09ХГН2МД	не менее 690	770–940	не менее 13	не менее 35

Результаты механических испытаний свидетельствуют, что наилучшее сочетание механических свойств и ударной вязкости при -70^0С соответствует закалке с отпуском при 570°С. Микроструктура стали после закалки и отпуска приведена на рис. 1. После закалки от температуры 950°С в стали 09ХГН2МД формируется равномерная бейнитно-мартенситная структура (рис. 1, *а*) в соотношении 50:50, со средним размером аустенитного зерна 12 мкм.

С увеличением температуры отпуска в структуре стали наблюдается увеличение светлых областей – α-фазы (рис. 1, *б-г*), что сопровождается снижением предела текучести и ростом ударной вязкости.

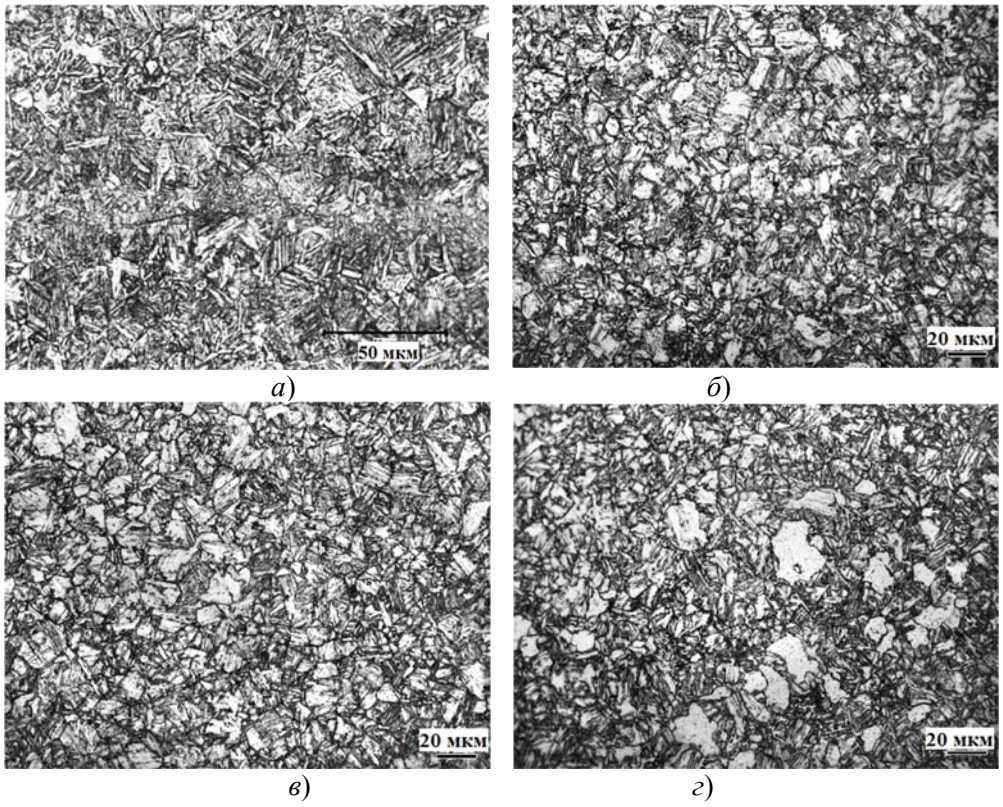
Для более детального изучения структуры и процессов, происходящих при отпуске закаленной стали, были изготовлены образцы для исследования структуры на просвечивающем электронном микроскопе.

Исследования, выполненные с помощью просвечивающей электронной микроскопии, позволили установить морфологические особенности структурных составляющих закалённых и отпущенных образцов (рис. 2). В образцах, отпущенных при 570°С, формируется смешанная структура. Наблюдается рост карбидов в дислокационном мартенсите реечного и нереечного типа по сравнению с закаленным состоянием, образование карбидов цементитного типа по границам бейнитных кристаллитов реечного и гранулярного бейнита.

Анализ результатов количественных оценок тонкой структуры исследованных образцов позволяет заключить, что:

- при закалке формируется бейнито-мартенситная структура 50/50;
- соотношение структурных составляющих после отпуска 570°С следующее: реечный мартенсит – 50%, реечный бейнит – 40%, высокотемпературный мартенсит – 8%, гранулярный бейнит – 2%.

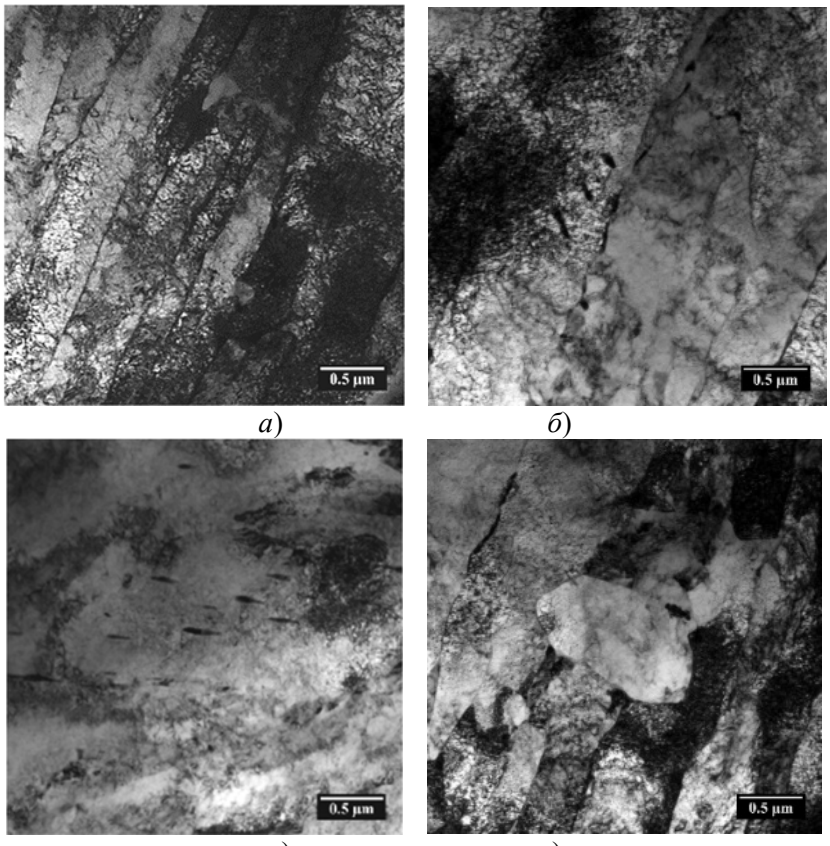
Исследования структуры стали показали, что после отпуска при температурах 550-600°С в образцах, закаленных от температуры 950°С, реечный характер структуры сохраняется.



а) *б*)

в) *г*)

Рис. 1. Микроструктура исследуемой стали после закалки от 950°С (*а*), закалки и отпуска при 570°С (*б*), 630°С (*в*) и 690°С (*г*), х500



а) *б*)

в) *г*)

Рис. 2. Тонкая структура стали 09ХГН2МД после закалки от 950°С и отпуска 570°С: реечный мартенсит (*а*), реечный бейнит (*б*), высокотемпературный мартенсит (*в*), и гранулярный бейнит (*г*)

Выводы. В стали 09ХГН2МД формирование преимущественно бейнитно-мартенситной структуры с минимальным содержанием структурно свободного феррита и равномерно распределенными по объему упрочняющими выделениями мелкодисперсной карбидной фазы позволяет получить после закалки с последующим высокотемпературным отпуском значения предела текучести – не менее 690 МПа, временного сопротивления – не менее 770 МПа, ударной вязкости при температуре испытаний -70°С – не менее 35 Дж/см^2.

Повышение температуры отпуска до 630°С способствует карбидообразованию по границам реек и кристаллитов бейнита. Увеличение температуры отпуска до 690°С приводит к росту отдельных кристаллитов α-фазы, интенсификации процессов коагуляции частиц, что и вызывает существенное понижение предела текучести до значений менее 690 МПа.

С учетом требований, предъявляемых к стали 09ХГН2МД, рекомендуемым режимом термической обработки является – закалка от температуры 950°С с последующим высоким отпуском при температуре 570°С.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Белаз [Электронный ресурс]: [сайт]. − Республика Беларусь, 2017. − Режим доступа: http://www.belaz.by (16.10.2018).

2. Павленко П.Д. Методология разработки рациональных конструкций несущей системы и ходовой части большегрузных строительных автомобилей-самосвалов [Электронный ресурс]: дис. д-р техн. н. / П.Д. Павленко. − Набережные Челны, 2005. − Режим доступа: http://www.dissercat.com/content/metodologiya-razrabotki-ratsionalnykh-konstruktsii-nesushchei-sistemy-i-khodovoi-chasti-bols (16.10.2018).

3. Коджаспиров Г.Е., Лебедева Г.В., Коновалова И.А. Об оценке хладостойкости некоторых конструкционных сталей, используемых в тракторе «Кировец». В кн. «Повышение качества, надежности и долговечности изделий из конструкционных, жаропрочных, порошковых и инструментальных сталей и сплавов». – Л.: ЛДНТП, 1982. – С. 5–9.

4. Коджаспиров Г.Е., Алферов В.П., Воробьев Ю.П. Опыт объединения «Кировский завод» в повышении хладостойкости сталей для трактора «Кировец». – Л.: ЛДНТП, 1986. – 28 с.

5. EuroTechMachinery [Электронный ресурс]: [сайт]. − Жодино, 2018. − Режим доступа: http://www.belaz.by/catalog/products/dumptrucks/7530/ (16.10.2018).

УДК 621.791

И.Н. Юдин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОГО ИСТОЧНИКА ДЛЯ СЛУЧАЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ ДВУСТОРОННЕЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРОТЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Введение. Задача создания высокопроизводительных сварочных технологий, позволяющих оптимизировать процесс изготовления ответственных конструкций, а также обеспечить снижение трудо- и материалоемкости возможна за счет эффективного применения гибридных лазерных технологий. В современных условиях разработка промышленных технологий изготовления протяженных корпусных конструкций в минимальных допусках требует проведения численного моделирования термодеформационных процессов, происходящих в материале при сварке, и влияющих на конечные эксплуатационные характеристики конструкций. Определяющим параметром процесса является тепловое поле, создаваемое двумя одновременно действующими комбинированными источниками нагрева.

Цель работы. Целью работы является определение параметров взаимного расположения лазерного и дугового источников при двусторонней сварке тавровых соединений, и разработка программы для определения тепловых полей.

Задачу определения теплового поля можно решить различными методами. Для определения тепловых полей тел сложной геометрии подходят численные методы, например, метод конечных элементов, но такие методы сложны для реализации. Аналитические методы нахождения тепловых полей проще, но работают только для тел с простой геометрией. Одним из таких методов является метод источников [1].

Суть метода источников заключается том, что любой источник теплоты можно представить в виде сумма элементарных источников. В данной работе в качестве элементарного будет использован точечный движущийся источник.

Наличие глубокого проплавления характерно для лазерной сварки больших толщин. Распределение плотности мощности по глубине парогазового канала было исследовано в работе [2]. Лазерный источник нагрева можно представить в виде суммы точечных движущихся источников, распределенных вдоль парогазового канала. Тогда суммарное тепловое поле лазерного источника можно представить в виде:

$$T(R,z)=\int_0^{\delta}\left(\frac{q(z)}{4\pi\lambda R(xa,ya,za,z)}\exp\left(-\frac{v(xa+R(xa,ya,za,z))}{2a}\right)\right)dz, \qquad (1)$$

где $q(z)$ – распределение плотности мощности по глубине парогазового канала, δ – глубина парогазового канала, $R(xa,ya,za,z)$ – расстояние между положение источника и точкой, где рассматривается тепловое поле, λ – коэффициент теплопроводности материала, a – коэффициент температуропроводности материала, v – скорость перемещения источника.

Дуговой тепловой источник представляется в виде плоского распределенного теплового источника. Распределение плотности мощности дугового источника удовлетворительно описывается Гауссовым распределением. Тогда суммарное тепловое поле, создаваемое дуговым источником будет выражено как:

$$T(x,R)=\int_{-R_a}^{R_a}\int_{-R_a}^{R_a}\left(\frac{q(x,y)}{4\pi\lambda R(xa,ya,za,x,y)}\exp\left(-\frac{v(xa+R(xa,ya,za,x,y))}{2a}\right)\right)dxdy, \qquad (2)$$

где $q(x,y)$ – Гауссово распределение, которое определяется как:

$$q(x,y)=\frac{Qd}{2\pi R_a^2}\exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2R_a^2}\right), \qquad (3)$$

где Qd – нормированная мощность дугового источника, R_a – радиус пятна нагрева. Величина Qd определяется в виде:

$$Qd=\frac{Qarc}{\int_{-R_a}^{R_a}\int_{-R_a}^{R_a}\left(\frac{1}{2\pi {R_a}^2}\exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2{R_a}^2}\right)\right)dxdy}, \qquad (4)$$

где $Qarc$ – мощность дугового источника.

Будем считать, что при лазерной и гибридной сварке лазерный луч падает в точку контакте межу полкой и стенкой (рис. 1).

Разделим тавровое соединение на три примитива – синий, красный и зеленый прямоугольники. Каждый из них можно считать плоским слоем. Рассчитаем температуру для каждого плоского слоя и сложим эти температуры попарно, с учетом знака. Таким образом, можно увидеть, что существует две линии (черные линии, рис. 2), где тепловые поля имеют одинаковую температуру. Одна линия – прямая проходящая через точку, куда падает лазерный луч, наклоненная под углом α к стенке. Вторая – кривая всегда проходящая через черную точку на рис. 2, *б* и 2, *в*, такую кривую можно интерполировать кривой третьего порядка и погрешность интерполяции не будет превышать ±2°С. Таким образом, температурное поле от лазерного источника может быть вычислено для трех плоских слоев и склеено по

рассмотренным кривым. Результат склейки приведен на рис. 3. Также стоит отметить, что кривы получаемые на рис. 2, *б* и 2, *в* идентичны друг другу. Положение кривых на рис. 2 определяется только углом α.

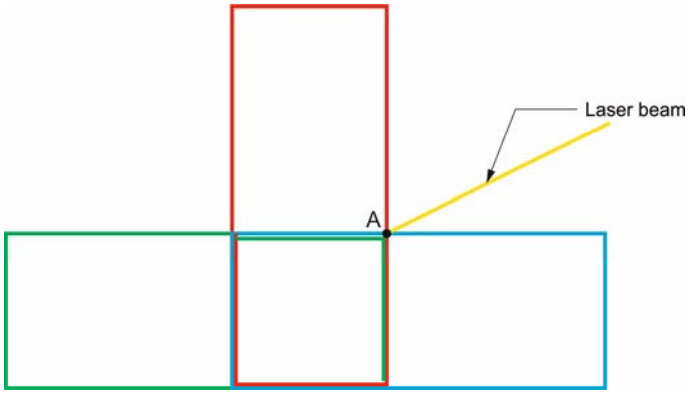
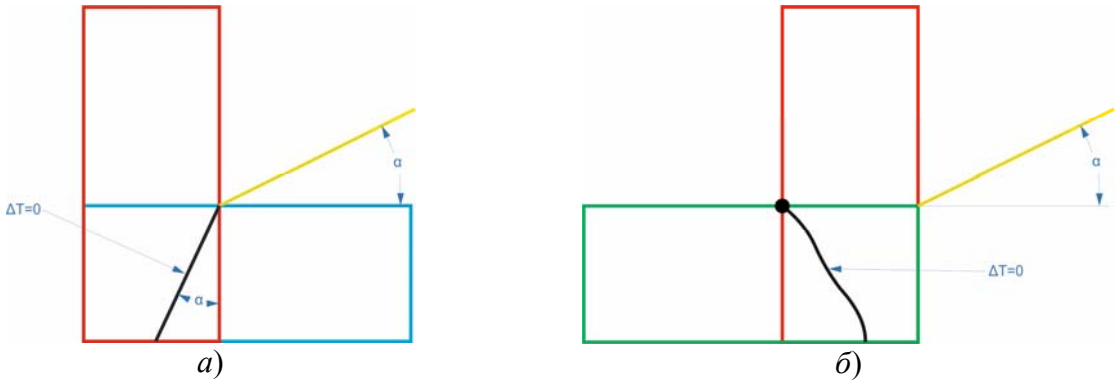


Рис. 1. Схемы распределения лазерного источника



а) *б*)

в)

Рис. 2. Разница температурных полей

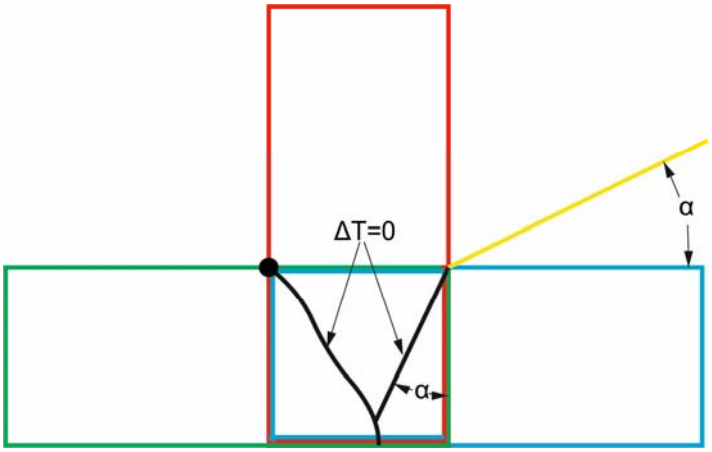


Рис. 3. Определение суммарного температурного поля

Рассмотрим распределение температурного поля от дугового источника. Пусть ось электрода направлена так же, как и лазерный луч, и известны координаты конца электрода (рис. 4). Распределение плотности мощности вдоль направления сварки не изменяется, тогда, как в поперечных направления оно зависит от угла наклона электрода β и радиуса пятна нагрева.

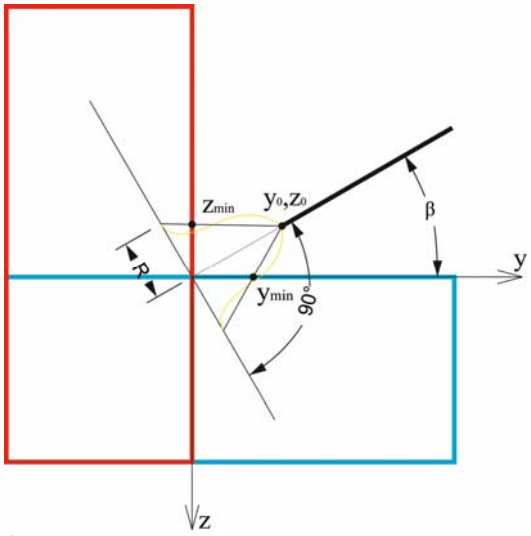


Рис. 4. Распределение тепла от дугового источника

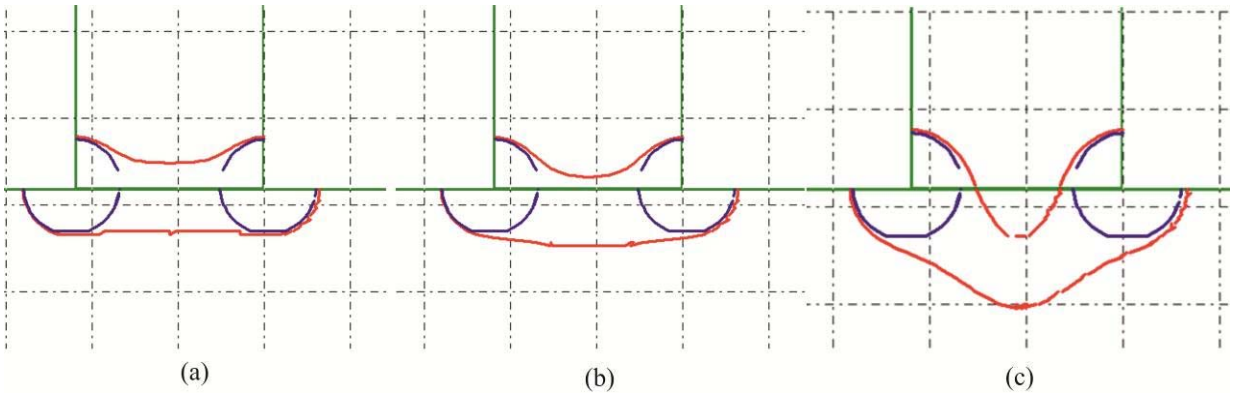


Рис. 5. Пример расчета для двухсторонней гибридной сварки (a) $\alpha = 6^o$, (b) $\alpha = 15^o$ and (c) $\alpha = 45^o$

Для проверки вышеописанной теории была создана программа, которая строит температурные поля при сварке тавровых соединений лазерным, дуговым и гибридным методами, как для одностороннего случая, так и для одновременной двухсторонней сварки (рис. 5). Результаты работы программы и сравнения с образцами представлены на рис. 6 – 9.

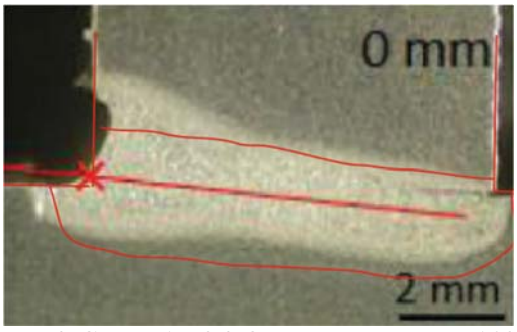


Рис. 6. Сталь AH36, 8 мм, угол сварки 10°, мощность излучения 4.56 кВт, скорость сварки 1м/мин [3]

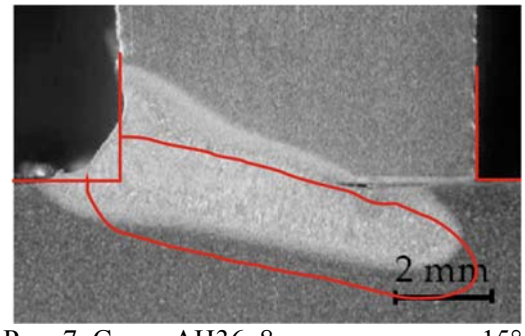


Рис. 7. Сталь AH36, 8 мм угол сварки 15°, мощность излучения 6 кВтW, скорость сварки 1.25м/мин [4]

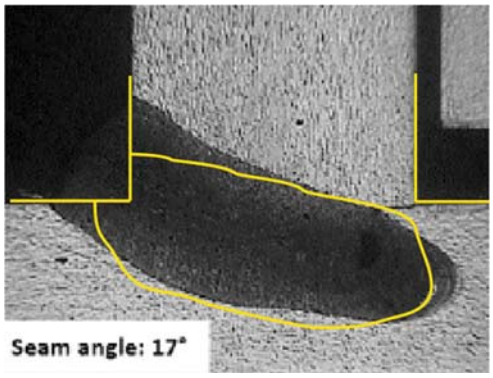


Рис. 8. Алюминий Al6013, 1.6 мм, угол сварки 17°, мощность излучения 1.5 кВт, скорость сварки 2м/мин [5]

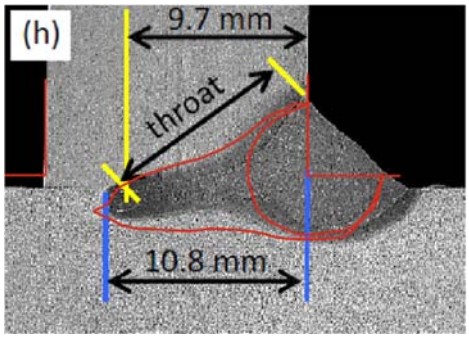


Рис. 9. Сталь K36D, 14 мм, угол сварки для лазера 10°, угол сварки для дуги 60°, мощность излучения 8 кВт, мощность дугового источника 8 кВт, скорость сварки 1м/мин [6]

Выводы. В ходе работы была разработана модель удовлетворительно рассчитывающая тепловые поля при лазерной и гибридной сварке двухсторонних тавровых соединений даже для алюминиевых сплавов. Такую модель можно использовать для прогнозирования свариваемости тавровых соединений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кархин В.А. Основы теплопередачи при сварке и пайке. Учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2011. – 95 с.

2. Туричин Г.А. Теоретические основы и моделирование процесса лучевой сварки металлов с глубоким проплавлением. – Санкт-Петербург, 2000.

3. Unt A. and Salminen A. 2015. Effect of welding parameters and the heat input on weld bead profile of laser welded T-joint in structural steel. *J. of Laser Appl.* 27.

4. Unt A., Poutiainen I., Grünenwald S., Sokolov M. and Salminen A. 2017. High Power Fiber LaserWelding of Single Sided T-Joint on Shipbuilding Steel with Different. Processing Setups *Appl. Sci.* 7.

5. Oliveira A.C., Siqueira R.H.M., Riva R. and Lima M.S.F. 2015. One-sided laser beam welding of autogenous T-joints for 6013-T4 aluminium alloy. *Materials and Design* 65. P. 726–36.

6. Wahba M., Mizutani M. and Katayama S. 2015. Hybrid Welding with Fiber Laser and CO2 Gas Shielded Arc. *J. of Materials Processing Technology* 221. P. 146–53.

УДК 66.046

Г.А. Уткин, А.И. Чеусова, А.В. Самокутяев, А.А. Брянский, А.А. Целовальникова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ СИНТЕЗА ПОКРЫТИЙ НА УГЛЕВОЛОКНЕ МЕТОДОМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ

Введение. Углеволокно известно своими отличными механическими свойствами. Поэтому в настоящее время использование углеволокна в создании композитных материалов значительно расширяет сферу их применений. Однако, одна из главных проблем, которая возникает при эксплуатации, например, керамического композита, армированного углеродным волокном, связана с плохой окислительной стойкостью волокна при повышенных температурах. В окислительной атмосфере рабочая температура углеволокна ограничена порогом в 450°C. Одним из способов защиты волокна от окисления, является нанесение тонких покрытий на его поверхность для улучшения окислительной стойкости.

Для получения покрытий на волокне был выбран золь-гель метод. Золь-гель получил широкое распространение благодаря своей простоте и универсальности. Однако, на данный

момент не существует технологии, которая бы позволила производить такое покрытие в больших объемах [1–4].

Цель работы: спроектировать и собрать лабораторный стенд, предназначенный для нанесения покрытий на углеродное волокно золь-гель методом и способный производить волокно с покрытием в больших объемах, сохраняя при этом преимущества вышеупомянутого метода.

Требования к установке: для достижения необходимых характеристик конечного продукта (в первую очередь окислительной стойкости) в системе должны быть предусмотрены две печи (предварительной сушки и отжига).

Для работы с разными типами растворов и волокон необходимо обеспечить возможность регулировки скорости перемещения волокна, а также гибкую настройку температурных режимов.

Стенд необходимо оснастить емкостью с золем, в который впоследствии будет окунаться волокно.

Проектирование установки.

Основными элементами, входящими в состав установки, являются:

– система транспортирования волокна, включающая в себя катушки смотки и намотки, а также блоки с направляющими роликами;

– емкость с раствором (золем), которым пропитывается волокно;

– нагревательная система, включающая в себя печи предварительной сушки и отжига;

– терморегулятор для управления температурным режимом печей;

– привод, для вращения принимающей катушки и система управления, собранная на базе платформы Arduino.

Кинематическая схема установки представлена на рис. 1.

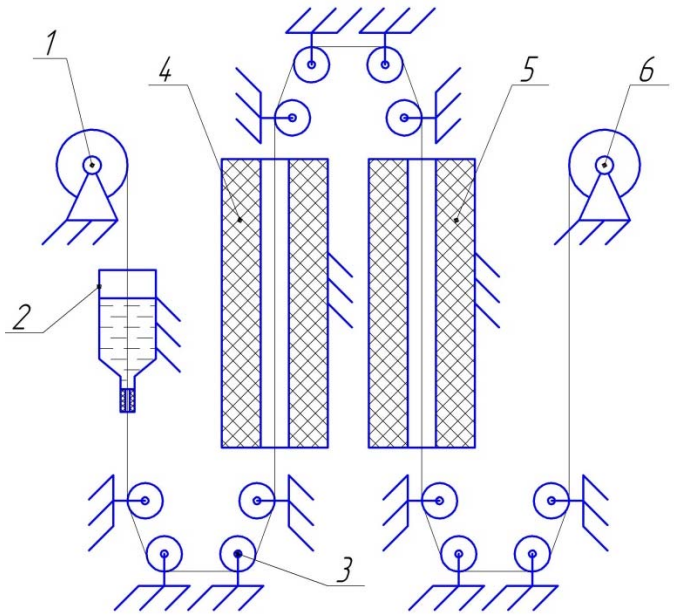


Рис. 1. Схема установки золь-гель осаждения:
1 – подающая катушка, 2 – ванна с реагентом, 3 – направляющие ролики,
4 – печь сушки, 5 – печь отжига, 6 – наматывающая катушка

Важнейшим узлом данной установки является нагревательная система, так как термообработка волокна во многом определяет свойства конечного продукта. Сборочный эскиз печи в разрезе представлен на рис. 2.

Основой печи служит кварцевая труба 3 диаметром 60 мм. Длина трубы – 1 м. В качестве нагревателя использована нихромовая проволока 5 сечением 0,6 мм. Витки нагревательной

спирали изолированы друг от друга кварцевыми рисками 7. Количество витков проволоки было рассчитано исходя из необходимой температуры нагрева печей и мощности имеющегося источника напряжения.

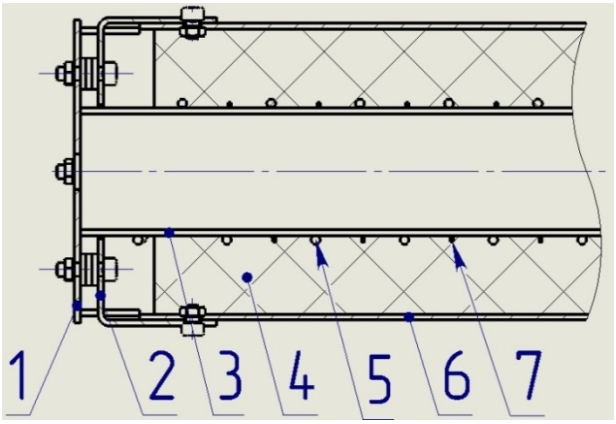


Рис. 2. Эскиз печи в разрезе:
1 – наружная крышка, 2 – внутренняя центрирующая крышка, 3 – кварцевая труба,
4 – слой каолиновой ваты, 5 – нихромовая проволока, 6 – защитный кожух, 7 – изолирующие риски

Теплоизоляционный слой выполнен из термостойкой каолиновой ваты 4. Боковые крышки 1 и 2, спроектированные под данный тип печи, изготовлены с помощью лазерной резки из стального листа. Центрирующая крышка 2 служит для расположения оси кварцевой трубы 3 соосно с осью внешнего защитного кожуха 6, выполненного из стальной тонкостенной трубы.

На поверхность металлического кожуха 6 выведен клеммник, к которому через слои ваты подсоединяется нихромовая обмотка печи. В кварцевую трубу 3 введена термопара для измерения температуры в печи. Для дополнительной теплоизоляции кожух печи 6дополнительно обернут ватой. Для управления нагревательными печами используется двуканальный ПИД-регулятор 2ТРМ1-Щ1.У.РР.

Габаритные размеры всего стенда были определены габаритами печей. Исходя из этих размеров, спроектирована рама стенда. Рама представляет собой конструкцию стендового типа со станиной, собранной на базе стального углового профиля 30х30, и рабочей панелью выполненной из фанеры толщиной 10 мм. На рабочую панель монтируются все элементы установки. Модель рамы представлена на рис. 3.

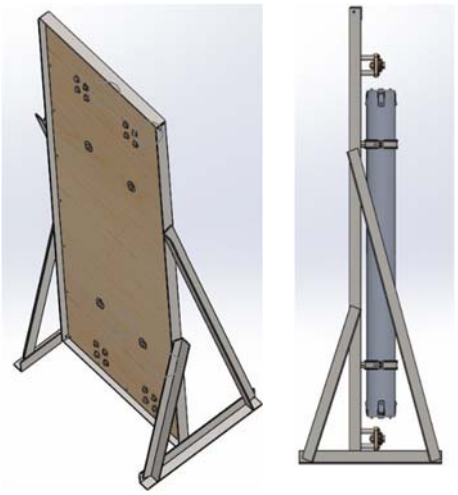


Рис. 3. 3D модель рамы стенда

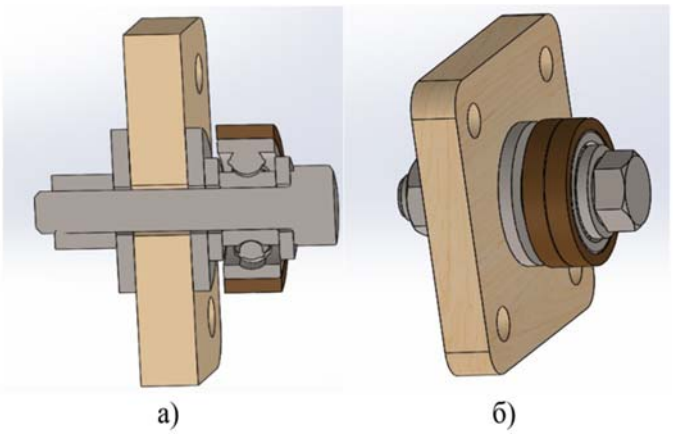


Рис. 4. Модель блока направляющего ролика:
а) вид в разрезе, б) общий вид

На стенде расположены направляющие ролики (рис. 4), таким образом, чтобы максимальный угол перегиба волокна не превышал 45°. Критическое значение угла перегиба волокна изначально было продиктовано свойствами отожженного волокна. Диаметр направляющего ролика – 36 мм, для соблюдения минимального радиуса изгиба отожженного волокна – 12 мм. Сам ролик выполнен в виде подшипника с бондажем с проточкой. Подшипник фиксируется болтом на фанерной пластине, которая в свою очередь дистанционными втулками отнесена от рабочей панели в плоскость перемещения волокна.

Вращение принимающей катушке передается через зубчато-ременную передачу от двигателя постоянного тока с редуктором. Регулировка привода осуществляется при помощи контроллера Arduino Mega через драйвера L293D и кнопок управления: трехпозиционный переключатель для выбора направления вращения и выключения, а также две кнопки для регулировки скорости. Система привода сделана таким образом, чтобы обеспечивать требуемый диапазон скоростей движения волокна (2–10 м/мин).

На рис. 5 представлена 3D-модель приводного узла стенда.

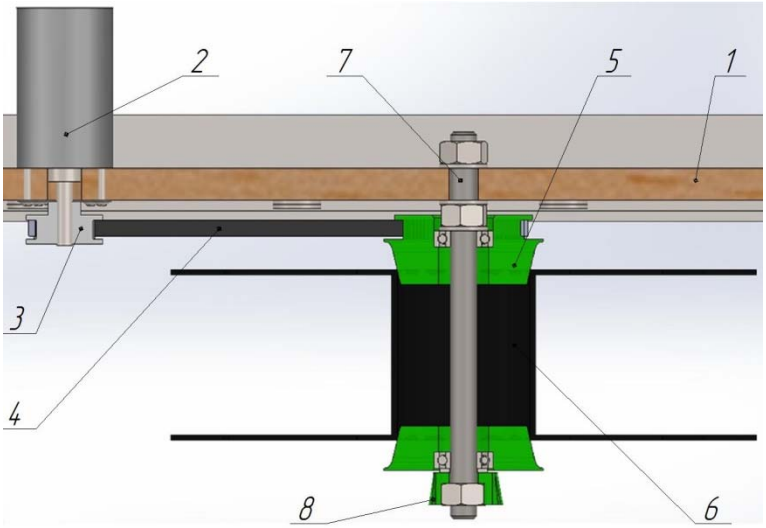


Рис. 5. Приводная катушка:
1 – рабочая панель, 2 – мотор-редуктор постоянного тока, 3 – ведущий шкив,
4 – зубчатый ремень, 5 – ведомый шкив, 6 – катушка, 7 – шпилька (ось вращения катушки),
8 – прижимной элемент

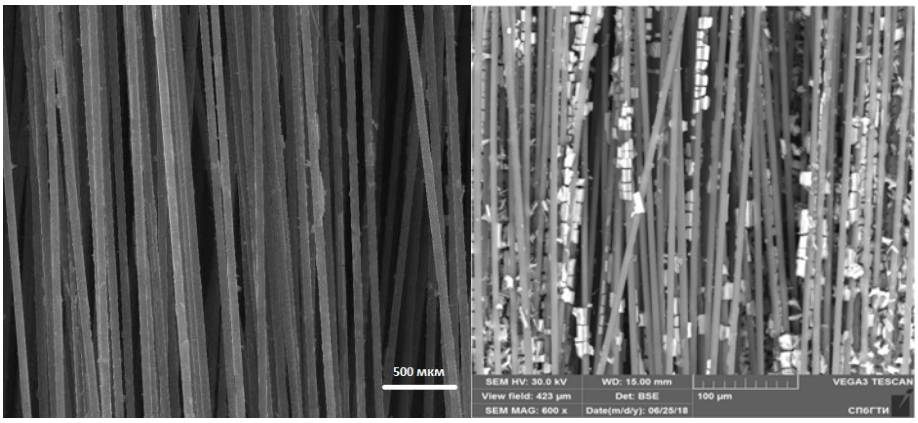
Рис. 6. Фотография стенда

На рис. 6 представлена фотография стенда во время эксплуатации:

Выводы. Использование стенда для реализации золь-гель метода позволило подобрать оптимальные режимы работы, при которых достигается необходимое качество полученного покрытия с требуемой производительностью. Для оптимизации и расширения функционала установки планируются следующие модернизации:

- установка дополнительного привода на вторую катушку для реверса направления подачи волокна;
- создание системы продувки инертным газом;
- установка герметичной емкости с раствором (золем).

После разработки и создания стенда были отработаны различные режимы получения покрытий на волокнах золь-гель методом, получены оксидные покрытия различной толщины на волокне, изучено влияние на структуру покрытий таких факторов, как концентрация раствора, температура обработки, вязкость золя, длительность термообработки и т.д.



а *б*

Рис. 7. Фотографии полученного покрытия:
а – равномерное покрытие, *б* – дефектное покрытие

Заключение. Тестирования и эксперименты показали, что волокно, полученное на разработанном стенде, обладает повышенной окислительной стойкостью. Волокно с покрытием (при том же времени воздействия высокотемпературного газового потока) выдерживает нагрузку при температуре 1000°С по сравнению с необработанным волокном, предельная температура для которого в окислительной атмосфере – 450°С.

Фотографии равномерного и бракованного покрытий, синтезированных на волокне в ходе эксплуатации стенда, приведены на рис. 7. На фотографиях видны отдельные филаменты (нити) из которых состоит волокно:

ЛИТЕРАТУРА:

1. Урванов С.А. Модифицирование углеродного волокна углеродными наноструктурами: Дисс. к.х.н. / Урванов Сергей Алексеевич; ГБНУ Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов. – М., 2016. –155 с.

2. Ткаченко Л., Шаулов А. Защитные жаропрочные покрытия углеродных материалов // Неорганические материалы. – 2012. – Т. 48. – № 3. – С. 261–271.

3. Dhami T., Bahl O. Oxidation Protection of Carbon Composites // Carbon. – 1995. – V. 33. – P. 349–559.

4. Jian H. ZengXie F. Mullite-Al2O3-SiC oxidation protective coating for carbon/carbon composites // Carbon. – 2003. – V. 41. – I. 14. – P. 2825–2829.

УДК 004.932.72

Н.С. Филатов[1], В.М. Власенко[1], И.С. Фомин[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Центральный научно-исследовательский институт робототехники и технической кибернетики

ВНЕДРЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗМЕТКИ ГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА БАЗЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ YOLO В ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АННОТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Введение. Одной из основных задач робототехники является ориентация робота в пространстве. Техническое зрение, как наука создания машин, которые могут производить обнаружение, отслеживание и классификацию объектов, позволяет роботу оценить окружающую среду. Во многих задачах данной области, принимая изображения в качестве входных данных, робот должен ее обрабатывать и действовать согласно полученной информации.

Новые методы искусственного интеллекта, такие как глубокое обучение, помогают создавать роботов, способных воспринимать окружающую среду с помощью установленных на них видеокамер. Такие роботы имеют встроенную систему, производящую анализ данных и вырабатывающую отклик на них.

В связи со снижением цен на вычислительную технику и развитием компьютерного зрения в целом интеграция систем машинного обучения для задач, требующих обработки изображений является частым и перспективным решением. Современные реализации, использующие сверточные искусственные нейронные сети, позволяют производить обработку графических данных в реальном времени. Но для обучения таких систем требуются значительные объемы размеченных данных, так что сейчас образовалось множество подходов к решению данной проблемы. Существующие наборы данных всегда имеют ограниченные размеры и конкретную специфику, поэтому при обучении модели глубокого обучения с использованием только готовых наборов данных, существует риск переобучения при их недостаточном объеме [1].

При решении задач компьютерного зрения с помощью методов глубокого обучения, можно заметить, что получение обучающих наборов данных необходимых размеров часто является одним из самых сложных этапов решения задачи [2]. Поэтому исследование возможностей оптимизации процесса разметки данных представляет актуальный вопрос, решение позволит существенно расширить область их применения.

Подходы к созданию обучающих наборов данных (датасетов). На практике при необходимости получения уникального обучающего набора данных организация может воспользоваться несколькими способами, достоинства и недостатки которых представлены в табл. 1 [3].

Тем не менее, при значительном разнообразии подходов к получению данных ручная разметка является самой распространенной, потому что она, так или иначе, присутствует в нескольких перечисленных методах. Для разметки графических данных требуются программы, которые позволяют соотнести область на изображении с определенным классом с помощью графического интерфейса. После выделения всех объектов на изображении необходимо сохранить результат в определенном формате. Удобство программы для создания аннотаций непосредственно влияет на скорость разметки данных. То есть, просто доработав интерфейс программы, можно увеличить скорость разметки в несколько раз. Однако, даже при хорошо настроенном процессе ручной разметки, скорость разметки будет ограничена скоростью выполнения элементарных операций вроде выделения объекта и присваивания класса. Таким образом, при ручной разметке изображений с большим количеством объектов

процесс значительно затягивается. При этом часто бывает, что необходимо выделять объекты, которые уже могут быть обнаружены нейросетевыми методами, но с недостаточной точностью.

Таблица 1. Сравнение методов получения размеченных наборов данных

Подход	Описание	Достоинства	Недостатки
Самостоятельная разметка	Ручная разметка данных собственной командой специалистов	-предсказуемые результаты -высокая точность разметки -возможность отслеживать прогресс	-большие временные затраты
Аутсорсинг	Наем сторонних организаций или объявление заказа на фриланс платформе	-возможность подобрать исполнителей с подходящими навыками	-необходимость организации рабочего процесса
Краудсорсинг	Сотрудничество с краудсорсинговыми платформами с целью привлечения большого количества людей	-экономия средств -быстрые результаты	-качество работы может пострадать [3]
Специализи-рованные компании	Наем специализиро-ванных компаний для разметки данных	-гарантированное качество	-высокая цена [3]
Синтез данных	Генерирование данных со схожими к настоящим свойствами	-получение полных наборов данных -экономия средств	-требуются большие вычислительные мощности -такие данные не всегда могут заменить естественные
Программиро-вание данных	Использование алгоритмов, автоматически размечающих данные	-полная автоматизация -быстрые результаты	-низкое качество

Способом ускорения ручной разметки данных является создание программы для полуавтоматической разметки данных. При таком подходе программа, используя нейронную сеть, будет обнаруживать интересующие объекты, а пользователю будет достаточно подтвердить или исправить данную подсказку. Под исправлением предполагается удаление ложных объектов, а также редактирование классов, положения и формы объектов, и обнаружение новых объектов на изображении. Такой способ не только будет способствовать ускорению создания аннотаций к изображениям, но и позволит эффективно дообучать нейронные сети. Альтернативной задачей является быстрое преобразование больших размеченных наборов данных, использующих ограничивающие рамки объектов, в изображения, содержащие попиксельные маски объектов. Ускорение этого процесса также может быть реализовано методом полуавтоматической разметки, где оператору-разметчику необходимо лишь проверять и редактировать сгенерированные маски [4].

Цель работы – внедрение средств полуавтоматической разметки данных на базе нейронной сети в программное обеспечение для аннотации изображений.

Методы реализации. Были рассмотрены существующие приложения для аннотации изображений [5]. В качестве программного обеспечения, взятого за основу было решено выбрать проект labelImg [6], потому что он имеет хорошо структурированный открытый

исходный код на языке программирования Python, с достаточно широким набором функций. Для создания средств полуавтоматической разметки данных был применен нейросетевой детектор YOLO [7] реализованный с помощью библиотек TensorFlow [8] и Keras [9]. С целью повышения удобства использования программы интерфейс был доработан в целом, а также добавлены функции, позволяющее использовать автоматическое выделение объектов на изображении с помощью нейронной сети. Универсальность применяемого решения достигается за счет настраиваемых файлов параметров сети и конфигурации для используемого детектора. Диаграмма классов реализованной полуавтоматической разметки изображений показана на рис. 1.

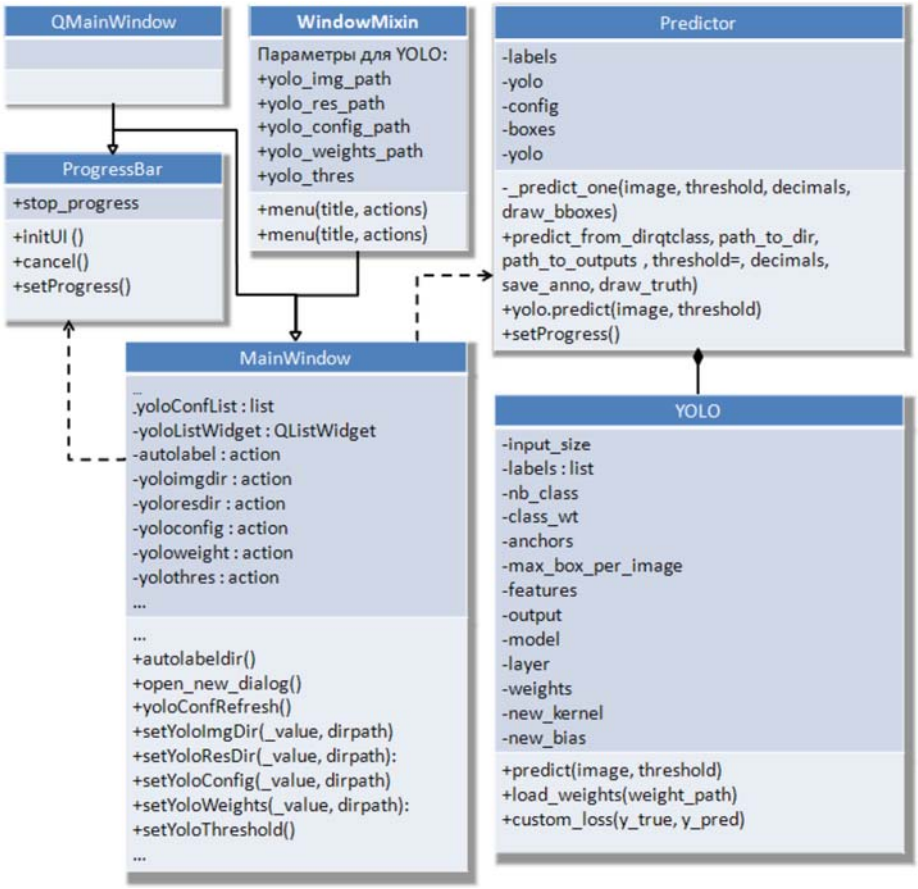


Рис. 1. Диаграмма классов полуавтоматической разметки

Результаты. В ходе выполнения работы была произведена интеграция нейронной сети YOLO в labelImg для обеспечения функции полуавтоматической разметки. Встроенный нами нейросетевой модуль обнаружения объектов позволяет автоматически генерировать аннотации в соответствии с используемыми файлами конфигурации и весовых коэффициентов YOLO. Полученные аннотации затем возможно проверять и редактировать с помощью графического интерфейса. Итоговый вариант программы предназначен для работы на операционных системах Windows и Linux. Для пользователя предлагается три основных режима работы: ручная аннотация изображений, одноклассовая аннотация и полуавтоматическая разметка изображений. Режим одноклассовой разметки позволяет выбирать метку класса, которая автоматически присваивается для нового созданного объекта. Данная опция может быть полезна, если необходимо обработать набор данных, содержащий малое количество классов. Общий интерфейс программы представлен на рис. 2.

Фактором, положительно влияющим на удобство использования и скорость разметки изображений, является наличие горячих клавиш для большинства необходимых операций. Для использования полуавтоматической разметки пользователю необходимо воспользоваться

вкладкой «Autolabeling» на верхней панели инструментов (рис. 2) и указать файлы конфигурации и весовых коэффициентов YOLO. Также настраиваются директории для изображений и аннотаций. Переменная threshold, позволяет задать порог отображения меток нейросетевого детектора. Окно со списком доступных классов автоматически заполняется в соответствии с файлом конфигурации. Текущее состояние выбранных параметров отображается в правой панели в окне «YOLO configuration» (рис. 3). Запуск автоматической разметки необходимо производить после настройки из вкладки «Autolabeling». Поскольку обработка большого количества изображений может занимать некоторое время, в процессе авторазметки отображается индикатор выполнения.

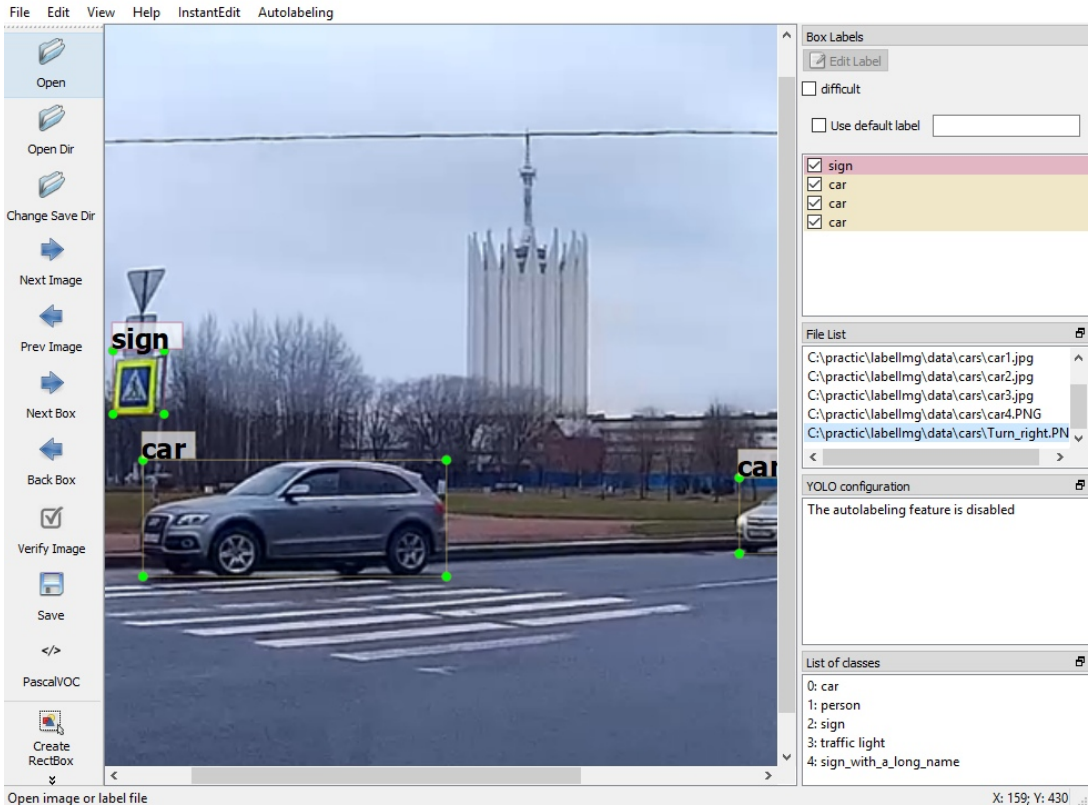


Рис. 2. Интерфейс программы

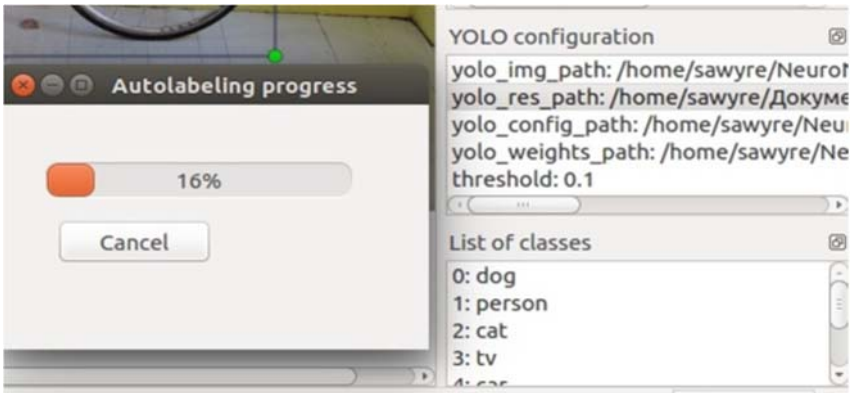


Рис. 3. Панель конфигурации нейросетевого детектора

Также для быстрого ввода приложения в эксплуатацию были составлены инструкция по установке и руководство пользователя. Обновленный вариант приложения доступен на Github [10]. Внедрение показало, что можно ускорять разметку типичных данных или же данных, для которых можно найти предобученные модели, тем самым направив ручной труд лишь на

поправку и дообучение моделей. Тестирование обновленного приложения на примере многоклассовой разметки показало, что с использованием функции полуавтоматической разметки, среднее время, затраченное на разметку одного изображения, снижается с 10 секунд до 2 секунд.

Выводы. Создание средств полуавтоматической разметки данных позволяет существенно повысить скорость ручной разметки данных. Однако реализованный метод не покрывает все области создания обучающих наборов данных, например, актуальными направлениями развития являются: полигональное выделение объектов, сопровождение объектов, разметка RGB-D-изображений.

В дальнейшем планируется провести интеграцию с другими типами нейронных сетей. В частности, будут применены методы частичного обучения, в следующей интерпретации: вначале на малом количестве размеченных данных обучается сеть малых размеров, и в дальнейшем используется для окончательной разметки выборки. Также планируется применение генеративных нейронных сетей автоматизации процесса валидации качества разметки, а также предоставления функционала по синтезу новых данных на основе уже размеченных.

В перспективе подобная система может быть использована как составная часть облачной системы автоматического синтеза готовой обученной архитектуры нейронной сети под конкретную задачу, по предоставляемой обучающей выборке.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Di Wu, Kun Zhang, Si-Jia Zheng, De-Shuang Huang. Random Occlusion-recovery for Person Re-identification. arXiv:1809.09970.

2. Veronica Morfi, Dan Stowell. Deep Learning for Audio Transcription on Low-Resource Datasets. arXiv:1807.03697.

3. Altexsoft.com. How to Organize Data Labeling for Machine Learning: Approaches and Tools [Электронный ресурс]. – https://www.altexsoft.com/blog/datascience/how-to-organize-data-labeling-for-machine-learning-approaches-and-tools/.

4. Lishi Zhang, Chenghan Fu, Jia Li. Collaborative Annotation of Semantic Objects in Images with Multi-granularity Supervisions. arXiv:1806.10269.

5. Github.com Image annotation [Электронный ресурс]. – https://github.com/topics/image-annotation.

6. Github.com LabelImg [Электронный ресурс]. – https://github.com/tzutalin/labelImg.

7. J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, A. Farhadi. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. arXiv:1506.02640v4.

8. M. Abadi, P. Barham, J. Chen, Z. Chen, A. Davis, J. Dean, M. Devin, S. Ghemawat, G. Irving, M. Isard, et al. Tensorow: A system for large-scale machine learning. In OSDI, vol. 16, pp. 265{283, 2016}.

9. Github.com. Keras: Deep Learning for humans [Электронный ресурс]. – https://github.com/keras-team/keras.

10. Github.com labelImg-YOLO [Электронный ресурс]. – https://github.com/sawyre/labelImg-YOLO.

УДК 004.623

Е.А. Голубчиков, А.В. Пятлин, А.К. Кузин, Н.Н. Шабров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ОБРАБОТКА СВЕРХ БОЛЬШИХ ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ АЭРОДИНАМИКИ

Введение. Мировое индустриальное общество в настоящее время вступает в новую фазу своего развития под названием Industrie 4.0 (Германия) или Industrial Internet (США). Это

обусловлено уровнем высокой конкуренции в промышленности в мире и, как следствие, поисками новых технологий производства. Создание конкурентоспособной продукции тесно связано с проблемами вычислительного обеспечения предсказательного моделирования прорывных технологий многомасштабных и мультидисциплинарных процессов на основе современных суперкомпьютерных вычислительных систем (HPC). Предполагается, что объемы данных, генерируемые пета/эксафлопсными вычислениями, достигнут уровня петабайт (10^15) и эксабайт (10^18 байт) [1]. Это означает, что для анализа результатов петафлопсного моделирования в режиме Real Time требуется разработка специализированного программного обеспечения на основе алгоритмов обработки больших данных на современных HPC вычислительных системах.

Объекты научного исследования становятся все более сложными и, соответственно, необходима актуализация средств наглядного представления объектов, процессов и явлений. Современные средства научной визуализации уверенно справляются с задачами отображения стационарных изображений, даже в области больших данных. Программные и аппаратные средства моделирования, доступные широкому кругу российских ученых, позволяют производить моделирование газодинамических процессов на сетках размером до 10 млрд. ячеек, в то время как средства визуализации таких процессов пока недостаточно воспроизводят необходимое качество представления. В то же время тема настоящего исследования актуальна для родственных задач в области аэроакустики и диффузионного горения, численное решение которых также требует использования сверх больших сеток.

В настоящее время объемы вычислительных мощностей одного компьютера не позволяют визуализировать векторные поля поведения таких сложных конструкций как летательный аппарат, если моделирование проводится с минимально возможной погрешностью на сверх больших сетках. Научная новизна исследования заключается в создании новых методов и средств функциональной визуализации результатов моделирования газодинамических процессов на сетках размером до 10 млдр. узлов с последующим развитием алгоритмов в направлении моделирования в режиме “in sity”.

Существуют два типа задач предсказательного моделирования: ординарные и экстраординарные. Для ординарных задач есть гарантия получения решения средствами коммерческого программного кода многоцелевого назначения, что вполне обеспечивается набором моделей и численных схем этого кода. Решение экстраординарных задач невозможно обеспечить набором физических и математических моделей коммерческого кода многоцелевого назначения в силу неадекватности используемых моделей или в силу неэффективного масштабирования вычислений. Для решения экстраординарных задач требуется разработка уникальных физических моделей и уравнений состояния объекта, разработка численных схем решения уравнений и, в итоге, создание проблемно-ориентированной in-house специализированной (in-house) программной системы со всеми атрибутами, присущими современной системе, включая пре- и пост процессор, онлайн-справку (on-line help), средства формирования онлайн-отчета и т.д.

Мировые суперкомпьютерные центры петафлопсного класса предназначены в первую очередь для вычислительного обеспечения предсказательного моделирования при решении экстраординарных задач фундаментальной и прикладной науки – физики, биологии, химии, молекулярной динамики, аэродинамики и аэроакустики гиперзвуковых летальных аппаратов, вычислительной механики материалов, моделирования многомасштабных процессов в техногенных системах и т.д.

Следует отметить, что общим мировым трендом в задачах вычислительного обеспечения прорывных технологий и в предсказательном моделировании на суперкомпьютерах является разработка специализированных проблемно-ориентированных кодов, эффективно использующих преимущества высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем с целью достижения максимального параллелизма.

Постановка задачи. Основная идея работы заключается в применении в задачах научной визуализации средства обработки больших данных.

В условиях данной постановки задачи предложено:

1. Использовать клиент-серверную передачу данных, где в качестве сервера используется вычислительный кластер "Политехник – РСК Торнадо" производительностью 1.1 Pb.

2. Для визуализации результатов моделирования использовать программу Kitware Paraview, с мощной библиотекой визуализации VTK.

3. Для оптимизации скорости работы использовать отсечение невидимых частей данных и другие алгоритмы.

4. В качестве основного интерфейса для извлечения и обработки данных работать с программными продуктами Apache Spark, Apache Hadoop.

5. Преобразование файлов Tecplot в формат Apache Parquet.

Архитектура решения обработки данных моделирования.

Для обеспечения возможности визуализации динамических процессов на сверхбольших данных необходим комплекс мер.

Исходные данные размещаются на высокопроизводительной системе хранения данных (СХД) в форматах, специально разработанных для распределенной высокопроизводительной обработки. СХД должна быть доступна по высокоскоростному интерфейсу всем узлам вычислительного кластера.

В рассматриваемом случае исходные данные для визуализации поступают в формате Tecplot, проходят предварительную обработку и записываются в файлы формата Apache Parquet, которые размещаются в HDFS (Hadoop Distributed File System) для последующей визуализации.

Непосредственная визуализация производится программным обеспечением Kitware Paraview со специализированными доработками (плагинами). Paraview часто применяется в локальном режиме, но имеет и обширные возможности распределенного выполнения. В частности, есть возможность «разделить» Paraview на DataServer (сервер обработки данных), RenderServer (сервер формирования изображения) и клиент, выполняющий только функции просмотра и отвечающий за взаимодействия с пользователем (рис. 1).

На данной стадии работ DataServer и RenderServer размещались на узлах вычислительного кластера, а клиент – на персональном компьютере. Кроме того, на вычислительном кластере установлено, специально разработанное научным коллективом программное обеспечение для чтения и обработки данных из файлов в формате Apache Parquet, описанное ниже.

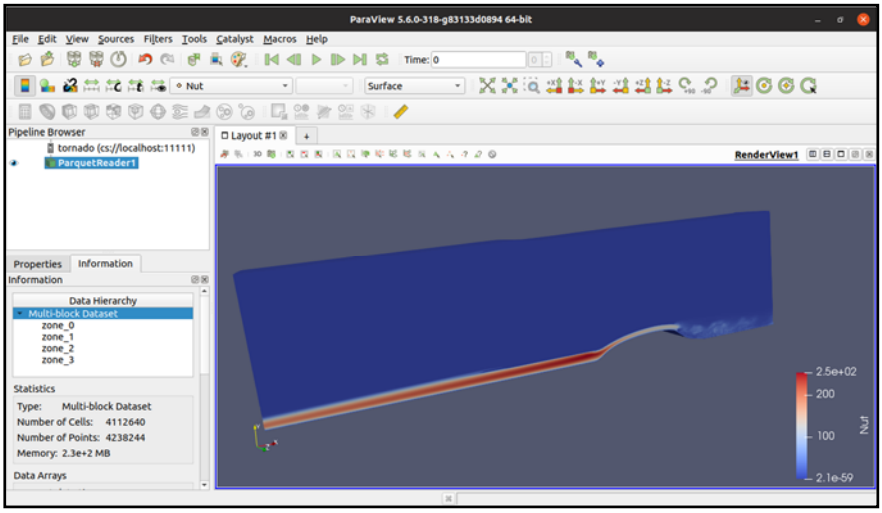


Рис. 1. Отображение загруженных блоков сетки

Итак, имеется высокопроизводительный вычислительный кластер с современной СХД, на которой размещены результаты предсказательного моделирования, подготовленные к визуализации. Кроме того, разработан плагин, как для клиентской части Paraview, так и для серверной (DataServer).

По команде пользователя плагин клиентской части Paraview обращается к своему серверному компоненту, который в свою очередь запрашивает отфильтрованные данные у специализированного сервера обработки больших данных (рис. 2).

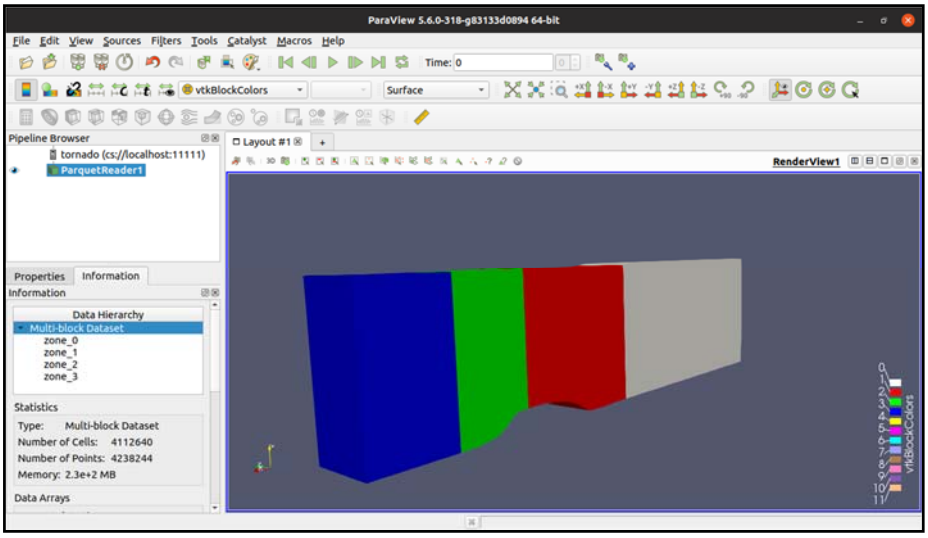


Рис. 2. Apache Spark по запросу из плагина загружает данные из хранилища

Основная задача сервера обработки данных уменьшать объемы данных, передаваемых на визуализацию в Paraview, без ухудшения визуального качества, что, безусловно, возможно, поскольку любые средства отображения имеют физические ограничения по разрешающей способности.

Основная научная новизна проекта в целом заключается в разработке высокоэффективных алгоритмов обработки входных данных, а эффективность полученного в конечном итоге результата будет определяться масштабируемостью решения и размерностью сеток, на которых можно будет визуализировать динамические процессы с приемлемой частотой кадров.

Для работы с кластером использовался планировщик задач slurm (для распределения мощностей между участниками работы). Он запускает главный процесс библиотеки spark для инициализации остальных узлов кластера. Далее приложение ждет подключения.

В качестве инструмента работы с сетевыми протоколами, вместо устоявшегося решения использования ODBC драйверов для подключения к базе данных, была использована свободная библиотека Apache Thrift [2]. Преимуществом данной библиотеки является компилятор, который создает по предопределенной структуре данных исходный клиентский и серверный код для многих языков программирования.

Spark может работать как shell-приложение, так и выполнять типичные для области обработки больших данных Map-reduce задачи на языках Java, Scala, Python [3]. Для передачи данных C++ программы Paraview и Python Spark сервера, который запускается с главного узла кластера, используется C++ плагин с окружением библиотек VTK, Paraview и C++ Thift-клиентом.

Со стороны сервера на главном узле необходимо собирать из исходного кода всё окружение приложения. Для хранения сверх больших векторных полей используется формат Apache Parquet, который загружается стандартными инструментами spark из hdfs или lustre хранилищ данных [4]. Внутри parquet-файл представляет из себя две части: файлы

метаданных, которые хранят схему хранения данных и блоки таблиц данных. Такая технология позволяет параллельно читать на нескольких узлах только определенные (выделенные sql-запросом) таблицы значений. Если parquet-файл записан в hdfs-файловую систему, он разбивается на части и распределяется между узлами. Структура данных для визуализации объекта сцены делится на параллелепипеды. Внутри одного параллелепипеда хранятся множества точек со значениями разных полей в этих точках.

На этапе загрузки файла возникает 2 способа реализации обработки данных:

1) Выделение по одной блоку данных внутри таблицы. Производится сбор данных со всех узлов и сразу передача её в виде вектора чисел во втором потоке. В дальнейшем процесс повторяется, пока не передадутся все запрошенные данные.

2) Выделение множества параллелепипедов за один раз и затем последовательная передача огромного потока данных в виде множества массивов чисел. Принцип заключается в том, что после выделения и чтения данных, структура данных на выходе из spark – dataframe, а не множество массивов, и она должна быть преобразована. В отличии от первого подхода (в котором для одного массива вызывается метод сборки всего множества со всех узлов), здесь должны использоваться сложные структуры в виде дерева. Для реализации второго способа были сделаны свои итераторы на стороне сервера.

Результаты замеров времени получения и передачи данных во втором методе представлены на рис. 3.

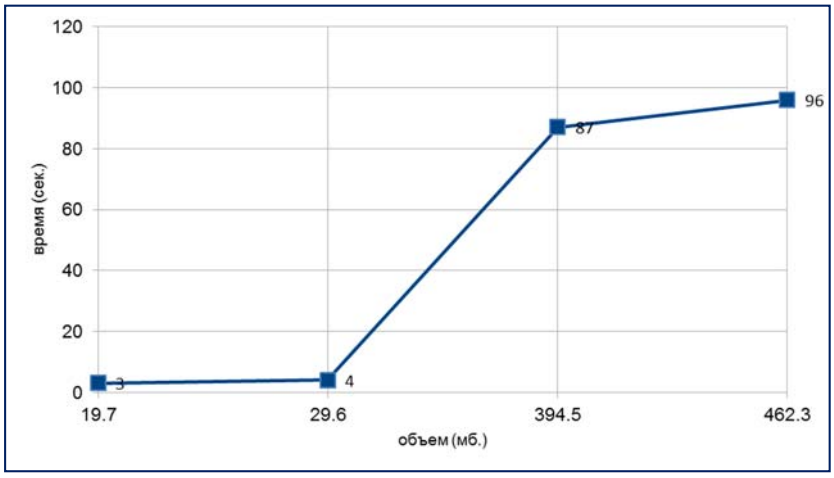


Рис. 3. Зависимость времени обработки от объема данных

Преобразование файлов TECPLOT в формат APACHE PARQUET.

В настоящем исследовании было разработано специализированное приложение для конвертации файлов в формате Tecplot в формат Apache Parquet. Это приложение объединило в себе отдельные библиотеки чтения Tecplot и записи Parquet файла требуемой структуры.

Целями преобразования исходных данных из Tecplot формата в Parquet были, во-первых, переход к файлам меньшего размера, во-вторых, реорганизация структуры данных для более оптимального доступа к требуемому пространственному блоку без необходимости перебора всего файла. Обе цели призваны решить задачу повышения скорости чтения исходных данных и отказаться от чтения всего файла при необходимости получить только часть данных. Кроме того, формат входных данных должен поддерживать распределенное хранение в файловой системе Hadoop Distributed File System (HDFS), так как в процессе визуализации должен читаться средствами Apache Spark. Несмотря на то, что формат Tecplot чрезвычайно популярен и воспринимается многими известными средствами визуализации, такими как Tecplot, VisIt и ParaView, он, очевидно, не соответствует всем указанным выше целям.

В качестве нового входного формата был выбран Apache Parquet, так как, во-первых, это бинарный формат, обеспечивающий размер файла почти втрое меньший, чем

соответствующий файл Tecplot, во-вторых, он непосредственно поддерживается Apache Spark и другими средствами, построенными на базе системы Apache Hadoop и допускает распределенное хранение в файловой системе HDFS и, в-третьих, обладает достаточной гибкостью для формирования необходимой блочной структуры хранения данных.

В качестве способа хранения данных на структурированной сетке была выбрана блочная структура, получающаяся из исходного индексного параллелепипеда элементов сетки его делением параллельными индексными плоскостями в трех направлениях. Каждый полученный таким образом блок пространственно занимает область в виде, в общем случае, криволинейного гексаэдра и представляет собой структурированную сетку.

Приложение использует технологию MPI, что позволяет преобразовывать по нескольку кадров параллельно. Это распараллеливание почти тривиально, поскольку процесс конвертации отдельных кадров полностью независим. Сбор результатов работы отдельных MPI процессов выполняется в самом конце преобразования, когда записывается специальный JSON-файл с метаинформацией, содержащей список имен файлов отдельных кадров, список наборов данных с различной степенью детализации и описывающей способ разбиения кадров на блоки.

Выводы. Проведенное исследование вскрыло узкие места (bottle neck) в обработке данных. Как видно из рис. 1, результаты далеки от желаемых результатов обработки данных в реальном времени. Одна из причин в том, что thrift и spark работают последовательно. В Apache Spark все функции делятся на трасформации (trasformations – работа с метаданными файлов) и действия (actions – работа непосредственно с данным и их изменение, сортировка). Вторая причина в том, что hadoop очень долго собирает результаты выборки данных с узлов сети. Самая «долгая» функция в программе заключается в «действии». Исследования будут продолжены.

Программа-конвертер эффективно используется на кластере RSK Tornado Суперкомпьютерного Центра СПбПУ под управлением системы SLURM, позволяющей распределить MPI процессы конвертации по отдельным узлам кластера. Для этой цели был написан ряд специализированных bash-скриптов, упрощающих и автоматизирующих запуск конвертера. В частности, скрипты загружают требуемые модули окружения и настраивают распределение MPI процессов.

Авторы работы благодарят РНФ за поддержку исследований в рамках гранта № 18-11-00245.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шабров Н.Н. Программно-аппаратные комплексы виртуального окружения – ключевые компоненты технологий виртуального инжиниринга. CAD/CAM/CAE Observer. № 3 (103). 2016. С. 81–86.

2. Apache thrift [Электронный ресурс]. – URL: https://thrift.apache.org/docs/. – документация. – (Дата обращения: 14.09.2018).

3. Apache spark [Электронный ресурс]. – URL: https://spark.apache.org/docs/latest/sql-programming-guide.html. – документация. – (Дата обращения: 16.09.2018).

4. Apache parquet [Электронный ресурс]. – URL: http://parquet.apache.org/documentation/latest/. – документация. – (Дата обращения: 16.09.2018).

УДК 669.01:621.74.011

А.С. Цветков[1,2], И.В. Теплухина[1]
[1]НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ГОМОГЕНИЗИРУЮЩЕГО ОТЖИГА НА ВЫРАВНИВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ ЛИТОЙ СТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ

В настоящее время ведется проектирование водо-водяных энергетических реакторов ВВЭР-1200 нового поколения со сроком службы не менее 60 лет при условии их полной безопасности [1]. Одними из наиболее ответственных элементов реакторов типа ВВЭР, определяющими безопасность эксплуатации АЭС, являются внутрикорпусные устройства (ВКУ), предназначенные для формирования активной зоны, удержания топливных сборок на своих местах, организации потока теплоносителя в реакторе и защиты органов регулирования, а также обеспечения нейтронной защиты корпуса реактора. Обеспечение конструктивной целостности ВКУ реакторов ВВЭР необходимо для безопасной эксплуатации АЭС во всех рабочих и аварийных режимах, поскольку повреждение ВКУ может привести к нарушению расхода теплоносителя через активную зону и теплового баланса, а также работы органов регулирования [2, 3].

Внутрикорпусная выгородка, входящая в состав ВКУ и представляющая собой цилиндрическую конструкцию с внешним диаметром около 3,5 м, является критическим элементом ВКУ с точки зрения определения срока их эксплуатации, так как испытывает наибольшие радиационные нагрузки и имеет максимальную температуру вследствие γ-разогрева в результате облучения. Анализ работоспособности элементов ВКУ проекта ВВЭР-ТОИ показал, что проектный срок службы внутрикорпусной выгородки не может быть гарантирован при консервативном прогнозе радиационного распухания в случае, если выгородка будет изготовлена из использующейся в настоящий момент стали 08Х18Н10Т (тип 18-10). Основными причинами нарушения работоспособности выгородки являются достижение критического формоизменения выгородки, образование зон предельного охрупчивания в материале вследствие происходящих в нем фазовых превращений, а также коррозионное растрескивание. Для обеспечения работоспособности внутрикорпусной выгородки в настоящее время взамен используемой стали марки 08Х18Н10Т разрабатывается аустенитная сталь новой композиции типа 16-25 с повышенным сопротивлением радиационному распуханию [2].

Изготовление заготовок колец выгородки из новой стали с высоким содержанием никеля требует разработки технологий на всех металлургических переделах, начиная от выплавки металла и отливки слитка и заканчивая термической обработкой. Следует отметить, что надежность и долговечность изделий в условиях эксплуатации определяется не только средним уровнем физико-механических свойств металла, но и однородностью этих свойств во всем объеме заготовки, что наиболее полно характеризует металлургическое качество продукции. Для изготовления колец выгородки требуются крупные слитки массой 65–70 тонн. Проблема обеспечения однородности свойств является особенно острой при производстве изделий из крупных слитков. В условиях кристаллизации металла в объеме крупного слитка все процессы, ведущие к неравномерному распределению легирующих элементов и примесей, получают наиболее полное развитие [4, 5]. В объеме стального слитка существует химическая и физическая неоднородность. Химическая неоднородность (ликвация) в слитках бывает двух видов – зональная и дендритная (внутрикристаллическая), представляющая собой химическую неоднородность в пределах каждого зерна, то есть различие в химическом составе осей и межосевых промежутков.

Неоднородность химического состава, вызванная дендритной ликвацией, порождает неоднородность свойств в различных микрообъемах металла, что может влиять на технологическую пластичность стали при ковке, а также оказывать существенное влияние на формирование зеренной структуры и свойств стали. Для уменьшения степени дендритной ликвации применяют термическую обработку слитков (гомогенизирующий отжиг) с нагревом и выдержкой при высоких температурах, при которых скорости диффузии достаточно высоки.

Гомогенизация в металлургическом производстве часто совпадает с операцией нагрева слитка под пластическую обработку. На практике выдержку стремятся ограничить необходимым минимумом, поскольку излишне длительное пребывание металла при высоких температурах (~1200°C) может вызвать укрупнение зеренной структуры. Следует при этом отметить, что в реальных условиях металлургического процесса, полного устранения дендритной ликвации в крупном слитке достичь практически невозможно.

Материал и методика эксперимента.

Исследование проводилось на образцах (заготовках), вырезанных из слитка массой 500 кг опытной стали композиции 16-25. Заготовки для исследования были вырезаны на одинаковом расстоянии от боковой поверхности слитка и на одном уровне по высоте слитка. Это обеспечивает одинаковое исходное состояние металла в части ликвационного профиля вследствие одинаковых условий кристаллизации исследуемых образцов металла. Далее заготовки были подвергнуты термической обработке, имитирующей гомогенизирующий отжиг. Температура отжига – 1180°C, продолжительность – 8, 16, 24 или 40 часов с последующим охлаждением на воздухе. Имитационная термическая обработка проводилась в лабораторной печи в одной садке с последовательным извлечением образцов. Температура металла и продолжительность выдержки контролировались по показаниям контактной термопары, установленной в центре садки. После проведения термической обработки из заготовок были изготовлены микрошлифы.

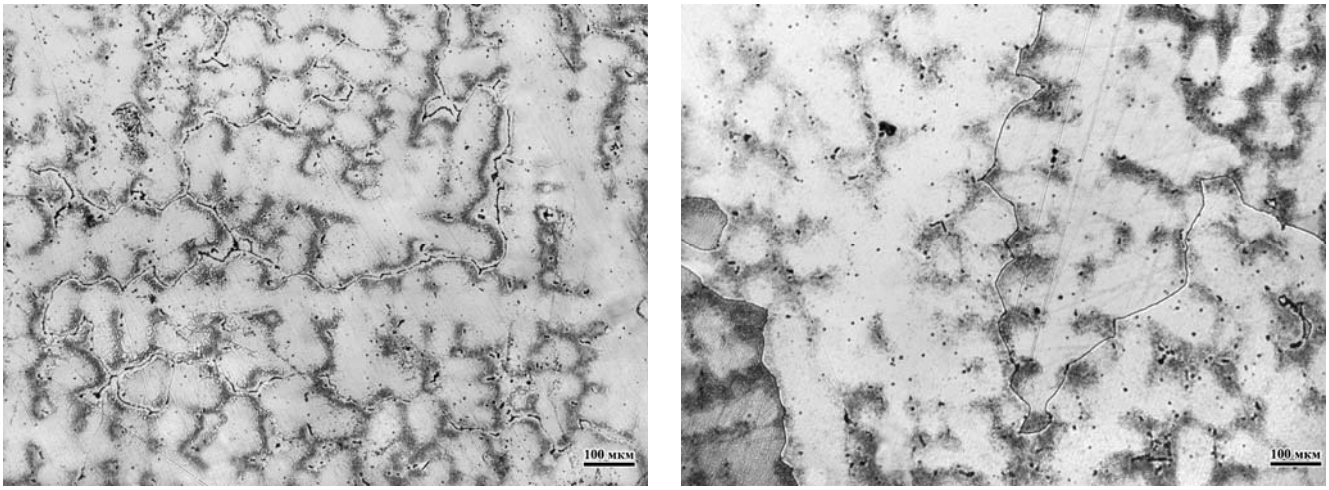
Для исследования влияния продолжительности гомогенизирующего отжига на выравнивание концентрационного профиля литой структуры стали композиции 16-25 были проведены: исследование микроструктуры образцов, измерение микротвердости осей дендритов и межосевых промежутков, а также определение содержания основных легирующих элементов в осях и межосевых промежутках в исходном состоянии и после гомогенизирующего отжига различной продолжительности.

Исследование микроструктуры проводилось с помощью оптического микроскопа TECHNO MEIJI IM 7200 при увеличениях: ×12, ×100, и ×500 после травления микрошлифов в 10% водном растворе щавелевой кислоты; измерение микротвердости – на микротвердомере Affri DM8 при нагрузке 50 г. Определение содержания основных легирующих элементов проводилось с использованием растрового электронного микроскопа Tescan Vega II методом рентгеноспектрального микроанализа (РСМА).

Результаты эксперимента. Исследование микроструктуры образцов.

Металлографические исследования показали, что во всех исследованных состояниях микроструктура литого металла практически одинакова и представляет собой дендритную структуру. Следует при этом отметить, что при увеличении продолжительности гомогенизирующего отжига наблюдается «размытие» дендритной структуры. Вследствие различия в химическом составе, межосевые промежутки и оси дендритов травятся по-разному. В нашем случае, оси дендритов травятся менее интенсивно по сравнению с межосевыми промежутками. Вследствие более высокой травимости, межосевые промежутки приобретают более темный цвет, обрамляя дендритные стволы на шлифе. При выравнивании концентрационного профиля разница в травлении между осями и межосевыми промежутками уменьшается вследствие выравнивания химического состава и травимость осей и межосевых промежутков выравнивается. Это, а также изменение среднего размера междуосных промежутков ($\lambda_{ср}$), может служить косвенным подтверждением уменьшения дендритной

неоднородности. Типичная микроструктура литого металла стали композиции 16-25 представлена на рис. 1, *а*, *б*.



$\lambda_{ср}$ = 23,5 мкм — *а*

$\lambda_{ср}$ = 41,7 мкм — *б*

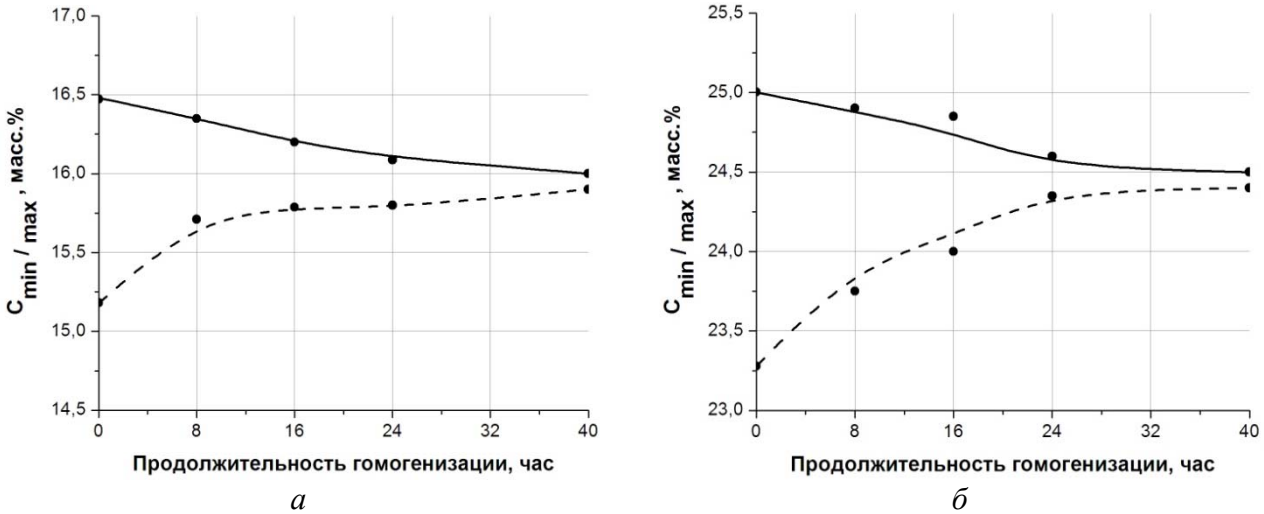
Рис. 1. Микроструктура литого металла в исходном состоянии (*а*) и после гомогенизирующего отжига при 1180°С продолжительностью 40 часов (*б*)

Исследование химической неоднородности методом РСМА.

Для количественной оценки изменения концентрационного профиля основных химических элементов в осевой зоне дендритных ветвей (C_{min}) и в их межосевых промежутках (C_{max}) был проведен анализ экспериментальных данных по изменению показателя остаточной микроликвации δ [4]:

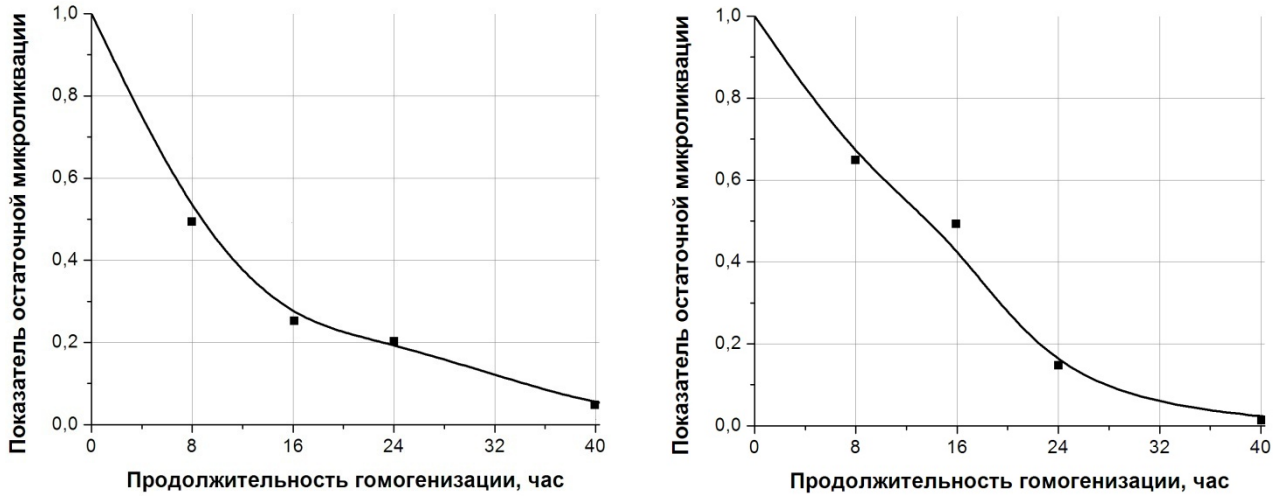
$$\delta = \frac{C_{max} - C_{min}}{C^{o}_{max} - C^{o}_{min}},$$

где C^{o}_{max}, C^{o}_{min} – исходная концентрация химических элементов стали; C_{max}, C_{min} – аналогичный размах концентрации после проведения гомогенизирующего отжига заданной длительности.



а *б*

Рис. 2. Изменение концентрации C_{max} (——) и C_{min} (– –) основных легирующих элементов – Cr (*а*) и Ni (*б*) в результате гомогенизирующего отжига различной продолжительности



а *б*

Рис. 3. Изменение показателя остаточной микроликвации δ хрома (*а*) и никеля (*б*) в результате гомогенизирующего отжига различной продолжительности (δ→0)

Количественная оценка неоднородности химического состава по основным легирующим элементам стали (Cr и Ni) представлена на рис. 2. Как видно из представленных этих данных, увеличение продолжительности гомогенизирующего отжига приводит к выравниванию концентрационного профиля литой дендритной структуры аустенитной стали и соответствующей эволюции безразмерного параметра микроликвации (рис. 3).

Исследование микротвердости осей дендритов и межосевых промежутков.

Поскольку ликвационная микронеоднородность оказывает влияние на механические свойства металла, в частности, на твердость, было проведено исследование влияния продолжительности гомогенизирующего отжига на микротвердость осей дендритов и межосевых промежутков. Результаты исследований представлены на рис. 4, согласно которому интенсивное выравнивание микротвердости наблюдается после отжига продолжительностью 16 часов. Дальнейшее увеличение продолжительности гомогенизирующего отжига не приводит к существенному выравниванию микротвердости осей дендритов и межосевых промежутков.

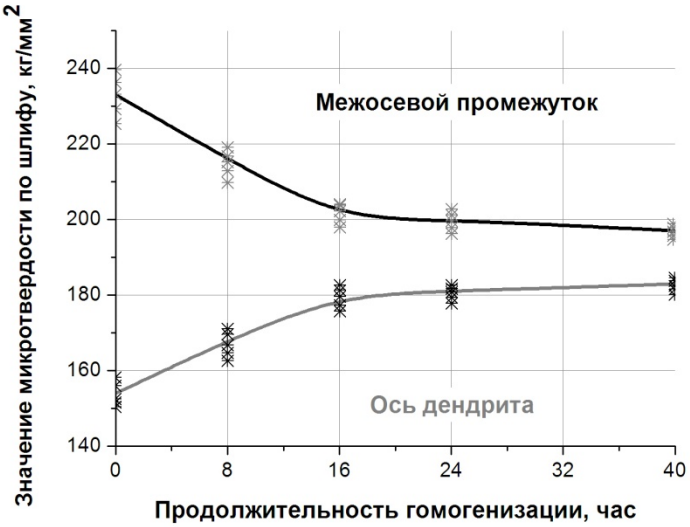


Рис. 4. Зависимость средних значений микротвердости осей дендритов и межосевых промежутков в исходном состоянии и после гомогенизации

Заключение. Как показало металлографическое исследование (рис. 1), увеличение продолжительности гомогенизирующего отжига незначительно отражается на дендритной структуре исследованной стали, однако наблюдаемое изменение характера границ и размеров дендритных ячеек (увеличение $\lambda_{ср}$ с 23,5 до 41,7 мкм) может свидетельствовать об интенсивно проходящих процессах диффузионного выравнивания ликвационной неоднородности. Динамика изменения остаточной микроликвации δ (рис. 3) основных легирующих элементов (Cr и Ni) свидетельствует о том, что продолжительность гомогенизирующего отжига 16 ч оказывает наибольшее влияние на выравнивание концентрационного профиля литой структуры аустенитной стали, что вполне согласуется с характером изменения средних значений микротвердости осей дендритов и межосевых промежутков (рис. 4). На основании проведенного исследования можно заключить, что минимально необходимая продолжительность гомогенизирующего отжига для выравнивания концентрационного профиля при температуре 1180°С на этапе прогрева слитка под ковку составляет 16 часов. Увеличение продолжительности выдержки приводит к дальнейшему, но менее интенсивному выравниванию диффузионного профиля литой структуры, которое практически не оказывает влияния на микротвердость осей дендритов и межосевых промежутков. Результаты данного исследования в настоящее время используются для разработки технологии изготовления заготовок колец выгородки ВКУ из стали композиции 16-25.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карзов Г.П., Марголин Б.З., Пиминов В.А., Теплухина И.В. Материаловедческие аспекты повышения безопасности эксплуатации перспективных ВВЭР на основе совершенствования корпусной стали // Атомная энергия. – 2016. – Т. 121, № 1. – С. 25–36.

2. Курсевич И.П., Карзов Г.П., Марголин Б.З., Сорокин А.А., Теплухина И.В. Принципы легирования новой радиационно-стойкой аустенитной стали для ВКУ ВВЭР-1200, обеспечивающей их безопасную эксплуатацию не менее 60 лет // Вопросы материаловедения. – 2012. – № 3 (71). – С. 140–154.

3. Карзов Г.П., Марголин Б.З. Основные механизмы радиационного повреждения материалов ВКУ и материаловедческие проблемы их длительной эксплуатации // РЭА. – 2015. – № 2. – С. 8–15.

4. Флемингс М. Процессы затвердевания. – М.: Мир, 1977. – 423 с.

5. Голиков И.Н., Масленков С.Б. Дендритная ликвация в сталях и сплавах. – М.: Металлургия, 1977. – 224 с.

УДК 621.983.31

И.В. Калатозишвили, К.С. Арсентьева, В.С. Мамутов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ОСОБО ТОНКОЛИСТОВОЙ ВЫТЯЖКИ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ШТАМПАХ

Введение. Вытяжка тонколистовых металлов получила широкое применение для изготовления различных деталей в приборостроении и других отраслях промышленности. Основные преимущества этого способа – большая производительность и низкая себестоимость изделий, высокая точность размеров, благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов. Типичные проблемы при вытяжке: разрыв заготовки в результате нарушения сплошности из-за чрезмерного утонения, образование складок и выпуклостей [1]. Особенно проблематичной является вытяжка особо тонколистовых металлов (при толщине материала 0.2 мм и менее). Если данные проблемы не прогнозировать на этапе проектирования, то при производстве деталей возможно возникновение брака. Чтобы избежать этого, часто требуется длительная и дорогостоящая настройка режимов нагружения заготовки и коррекция технологической оснастки. Использование компьютерного

моделирования позволяет на этапе расчетов прогнозировать возможные проблемы при деформировании заготовки, что может ускорить и удешевить подготовку производства [2]. Поэтому создание компьютерных моделей указанных процессов, а также исследование процессов при помощи таких моделей представляется актуальным.

В настоящее время в отечественной литературе практически отсутствуют данные по компьютерному моделированию процессов штамповки заготовок толщиной 0.1 мм и менее, создание модели расчета для которых имеет свои особенности. Для компьютерного моделирования процессов штамповки целесообразно применять явный решатель универсального конечно-элементного программного комплекса LS-DYNA, в котором есть возможность расчета оболочечных моделей и хорошо отработаны для них контактные алгоритмы [3]. Преимуществом LS-DYNA также является высокая точность расчетов деформаций и упругой разгрузки.

Целью данной работы являлась разработка компьютерной модели вытяжки тонколистовой цилиндрической детали «крышка» из латуни Л68 толщиной 0.1 мм в жестком инструментальном штампе, а также с помощью данной модели определение основных факторов, приводящих к возможному браку при изготовлении.

При расчетах материал заготовки полагался изотропным, и была выбрана модель MAT_POWER_LAW_PLASTICITY с параметрами кривой деформационного упрочнения: $B = 590$ МПа, $m = 0.34$ [2]. Задавались упругие константы материала: $E = 0.9 \cdot 10^5$ МПа – модуль Юнга, $\nu = 0.32$ – коэффициент Пуассона и плотность $\rho = 8900$ кг/м^3. Кулоновское трение учитывалось значениями коэффициента трения при трении покоя $\mu = 0.2$ и $\mu = 0.15$ при движении. Применялись оболочечные геометрические модели инструмента, материал которых задавался моделью материала RIGIT. Для большей наглядности моделировалась вся заготовка.

Диаметр заготовки брался 70 мм, радиус скругления матрицы на участке перехода фланца в донную часть – 3 мм. Зазор между матрицей и прижимом брался фиксированным и равным 5 % толщины материала. Геометрические оболочечные модели заготовки и элементов жесткого инструментального штампа представлены на рис. 1.

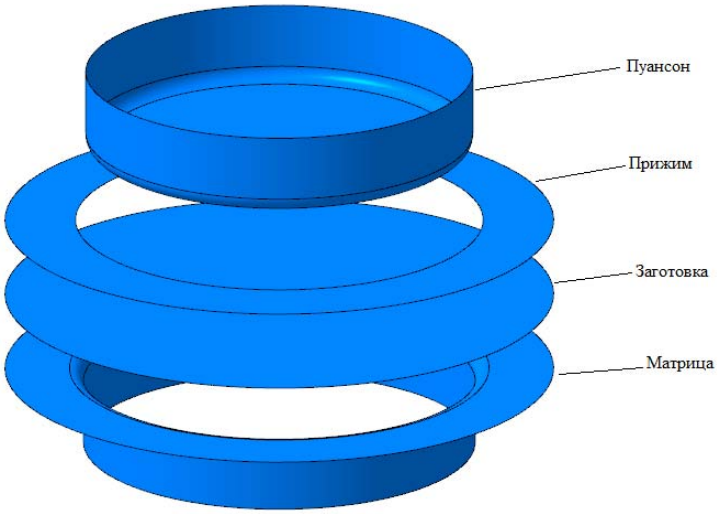


Рис. 1. Геометрические модели заготовки и элементов жесткого инструментального штампа

Для оценки влияния диаметра заготовки и зазора между пуансоном, матрицей и прижимом проведено моделирование с увеличенным зазором между прижимом и матрицей, а также увеличенным диаметром заготовки. Расчеты проводились при типовой скорости перемещения пуансона при квазистатической вытяжке 1 м/с. Результаты моделирования приведены на рис. 2, *а* и 2, *б*. Заготовка после вытяжки в жестких штампах показана вместе с

Formabilitykey, который определяет цвет проблемных областей: разрушения заготовки (красный цвет) и складкообразования (фиолетовый цвет).

а) *б)*

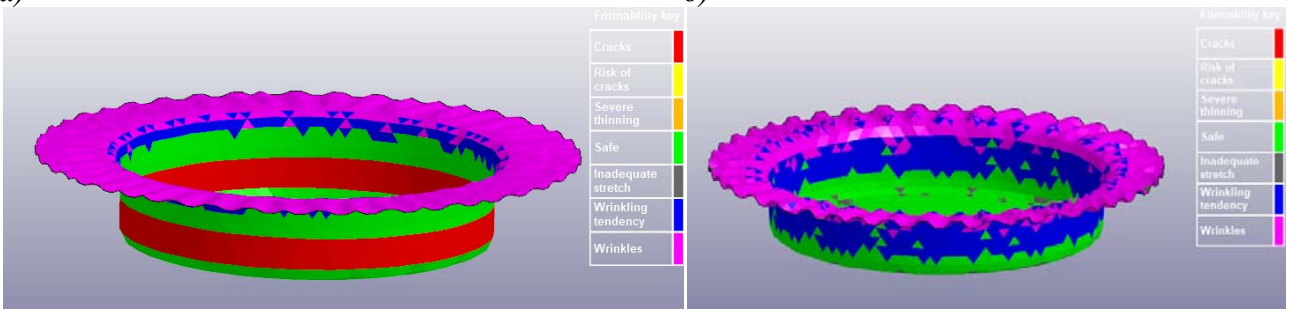


Рис. 2. Компьютерные расчеты вариантов: *а* – заготовки с увеличенным диаметром, *б* – с увеличенным зазором между матрицей и прижимом

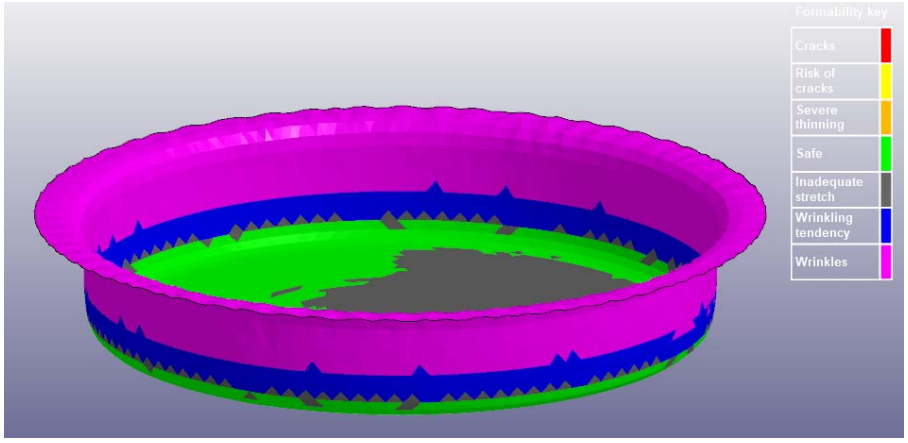


Рис. 3. Заготовка после вытяжки в жестком инструментальном штампе со скоростью движения пуансона 1 м/с

Моделирование показало, что с увеличением диаметра заготовки происходит утонение и последующий разрыв заготовки (красный цвет), а с увеличением зазора между матрицей и прижимом наблюдается увеличение амплитуды складок и переход их на деталь. При этом диапазон оптимальных размеров, при которых этого не происходит, достаточно узок. Такие эффекты деформирования обычно приводят к браку при изготовлении деталей.

Варьированием диаметра заготовки и величины зазора между прижимом и матрицей удалось получить приемлемый результат вытяжки (рис. 3). На рисунке видно, что не удается полностью избежать образования складок на фланце и их частичный переход на цилиндрическую часть детали.

Также исследовалось влияние скорости движения пуансона на процесс вытяжки. При этом скорость варьировалась в пределах 1–100 м/с. При высокой скорости перемещения пунсона складки не успевают образовываться (рис. 4).

Однако при этом заготовка не вытягивается на требуемую величину и происходит ее разрушение (красная область). Это происходит потому, что инерционность фланцевой части заготовки в радиальном направлении препятствует складкообразованию, а инерционность в меридиональном направлении препятствует смещению фланцевой части к центру заготовки. Кроме того, здесь также проявляется эффект локализации пластической деформации на кромке матрицы. Данный эффект вызван конечной скоростью распространения пластических волн в металле заготовки, что проявляется при высоких скоростях формоизменения.

Уменьшение скорости движения пуансона до 15–20 м/с приводит к уменьшению указанных выше эффектов (рис. 5).

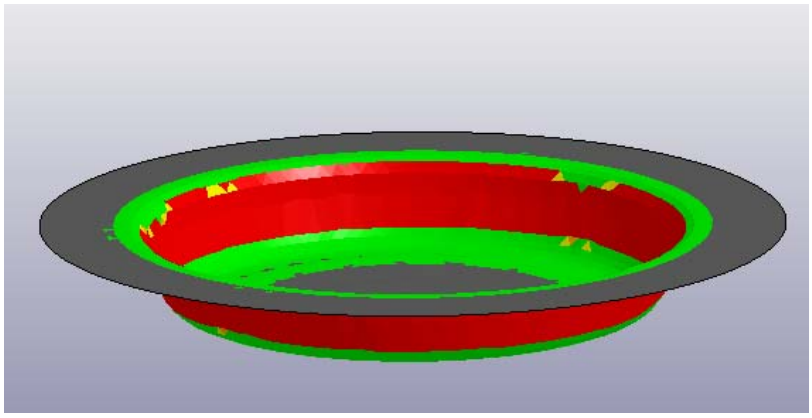


Рис. 4. Заготовка после вытяжки в жестком инструментальном штампе со скоростью движения пуансона 100 м/с

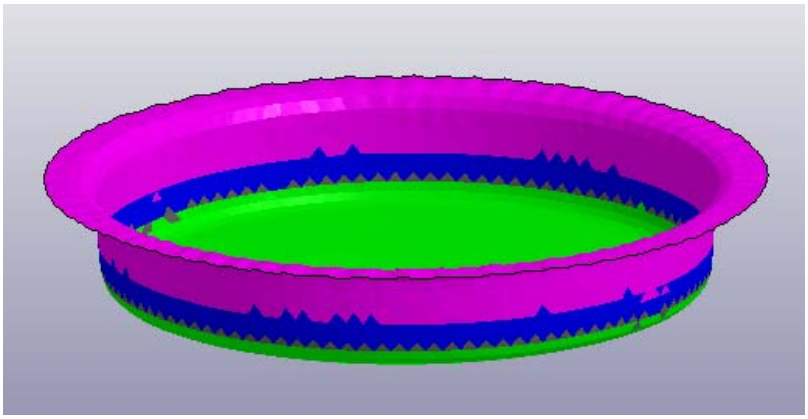


Рис. 5. Заготовка после вытяжки в жестком инструментальном штампе со скоростью движения пуансона 15 м/с

При этом не удается полностью избежать складкообразования, но имеет место более равномерная деформация вдоль образующей заготовки по сравнению с вариантом низкоскоростной штамповки. Кроме того, амплитуда складок несколько ниже по сравнению с квазистатическим нагружением.

Выводы. С применением конечно-элементного комплекса LS-DYNA разработана компьютерная модель вытяжки цилиндрической детали «крышка» из латуни Л68 толщиной 0.1 мм в жестком инструментальном штампе. Определены условия качественного изготовления детали. Показано, что незначительное увеличение по величине зазора между прижимом и матрицей или увеличение диаметра заготовки приводит к разрушению металла или недопустимому складкообразованию. Оценка варианта штамповки с увеличенной скоростью перемещения пуансона показала, что при скорости 15–20 м/с имеет место уменьшение амплитуды складок и более равномерная деформация вдоль образующей заготовки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Малов А.Н. Технология холодной штамповки. – М.: Государственное научно-техническое издательство «ОБОРОНГИЗ», 1963. – 564 с.

2. Мамутов В.С. Теория обработки металлов давлением. Компьютерное моделирование процессов листовой штамповки: учеб. пособие / В.С. Мамутов, А.В. Мамутов. – Санкт-Петербург: изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 188 с.

3. Hallquist J.O. LS-DYNA theoretical manual. Livermore Software Technology Corporation: Livermore, CA, 2006, 498 p.

УДК 539.4:621.4

Е.А. Хлопков, Т.А. Макарова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ИНТЕРВАЛА ПРЯМОГО МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЦИЛИНДРАХ И ПЛАСТИНАХ ИЗ СПЛАВОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

Экспериментальные исследования приводов малогабаритных прессов ШеР выявили особенности в деформировании кольцевых силовых пучковых элементов (КСПЭ, "металлические мышцы") при охлаждении до разных температур гетерофазного состояния в интервале прямого мартенситного превращения [1, 2]. В работах продемонстрированы возможности малыми усилиями повышать деформационно-силовые свойства КСПЭ при последующем нагреве. Развиваемые усилия при этом превосходили уровень деформирующей силы в 4–5 раз. Оценка влияния скорости охлаждения на характеристики формоизменения при этом не проводилась.

В работе [3] приведены опытные данные о зависимости процессов деформации силовых элементов кольцевой формы от режима охлаждения. При равных нагрузках повышение скорости остывания образцов приводило к снижению величины формоизменения. Минимальные величины смещения при этом были отмечены, когда конечная температура цикла была ниже M_f (температура окончания прямого мартенситного превращения). Охлаждая "металлические мышцы" вместе с печью добивались наилучших показателей деформации.

Наряду с проволочными конструкциями "металлических мышц" возможны и ленточные механизмы [4], показавшие в опытных экспериментальных и технологических циклах сравнимые с КСПЭ уровни силового воздействия на контртело и обрабатываемый объект соответственно.

Для выявления возможности сравнительной оценки развития эволюции температурных полей и прогнозирования поведения силовых элементов различных геометрических конфигураций проведены следующие численные эксперименты. В рамках механизма остаточных напряжений Вьюненко Ю.Н. [5] рассчитано распределение температуры в сечении сортамента при охлаждении его в изотермических условиях, когда температура поверхности равна нижней границе превращения M_f и при температуре на 5 градусов ниже M_f. Для расчетов выбрано уравнение теплопроводности в цилиндрических координатах (1) и для пластины (2) [5]:

$$\rho \cdot c(U) \cdot \frac{\partial U}{\partial t} = k \cdot \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U}{\partial r}\right), \quad (1)$$

$$\rho \cdot c(U) \cdot \frac{\partial U}{\partial t} = k \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}, \quad (2)$$

где ρ – плотность материала; k – коэффициент теплопроводности; $c(U)$ – теплоемкость, U – температура, r – радиальная координата, z – полутолщина пластины, t – время. В однофазном состоянии $c(U) = c_0$ – постоянная величина. Принимая многочисленные результаты калориметрических исследований никелида титана, считаем в численном опыте величины теплоемкости в мартенситном и аустенитном состояниях равными. При прямом мартенситном превращении аппроксимируем зависимость теплоемкости от температуры квадратичной функцией (3):

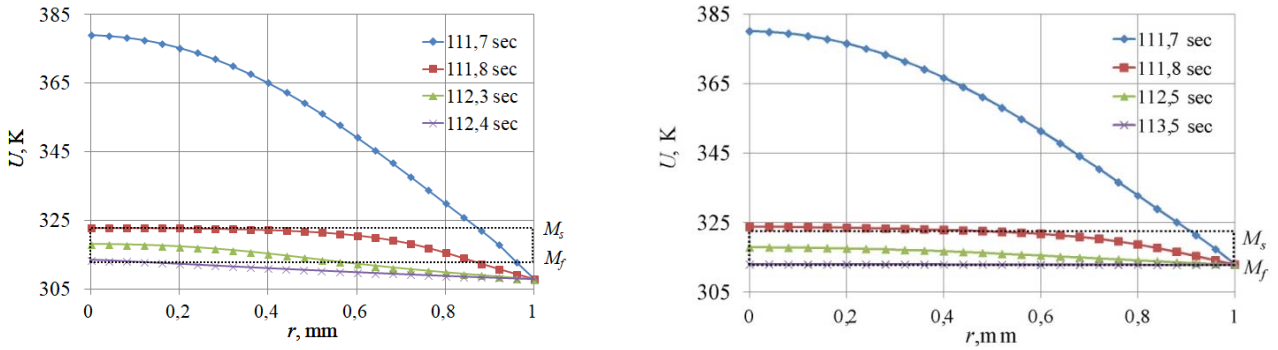
$$c(U) = c_1 \cdot \frac{(U - M_s) \cdot (M_f - U)}{(M_f - M_s)^2} + c_0, \quad (3)$$

где M_s – температура начала фазового перехода, M_f – температура окончания превращения. Коэффициент c_1 определяется из уравнения (4):

$$Q_{tr} = \int_{M_s}^{M_f} c_1 \cdot \frac{(U - M_s)\cdot(M_f - U)}{(M_f - M_s)^2} dU, \quad (4)$$

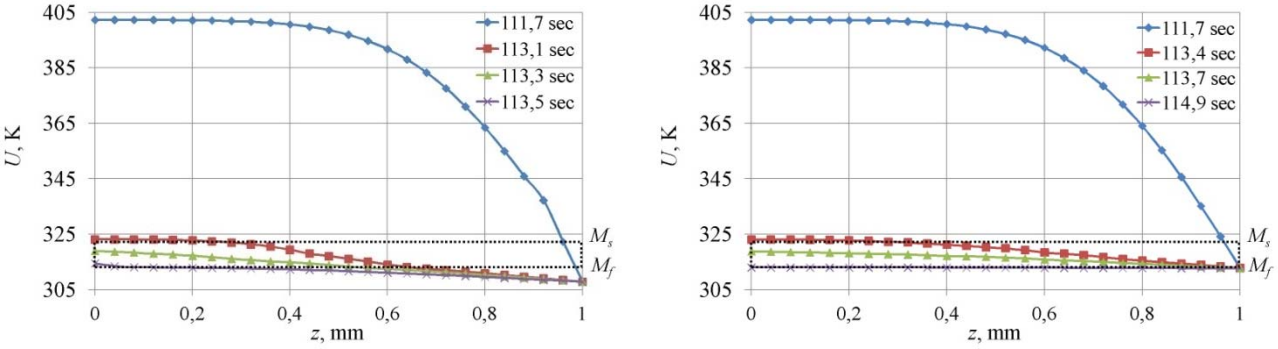
где Q_{tr} – скрытая теплота превращения.

На рис. 1 и рис. 2 приведены кривые, показывающие расчетные показатели эволюции температурного поля при старте охлаждения при температуре поверхности $U_{surf} = M_f$ - 5K (*a*) и $U_{surf} = M_f$ (*b*). Модельные постоянные подобраны близкими по величине характерным показателям сплава TiNi эквиатомного состава, z = 1mm – полутолщина пластины, r = 1mm – радиус цилиндра, соответствующий сортаменту проволоки КСПЭ, на котором проводились исследования в работе [3].



a *b*

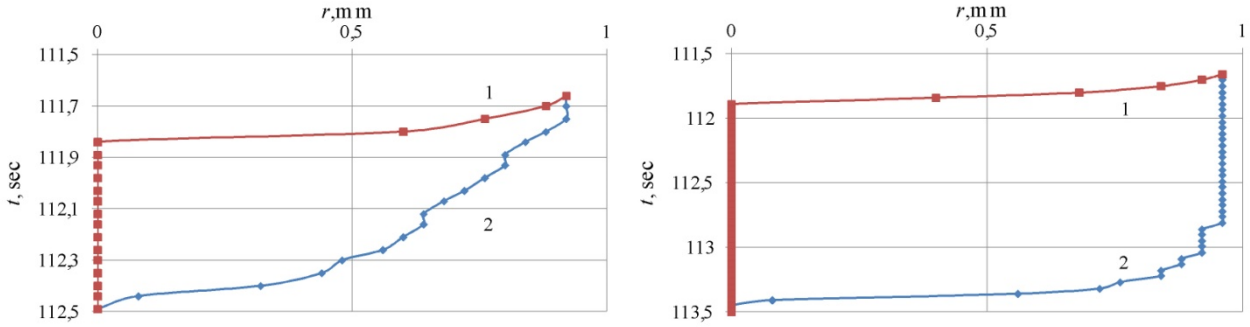
Рис. 1. Эволюция температурного поля при прямом мартенситном превращении в цилиндре r = 1mm при резком изменении температуры поверхности от 400K до M_f - 5K (*a*), до M_f (*b*)



a b

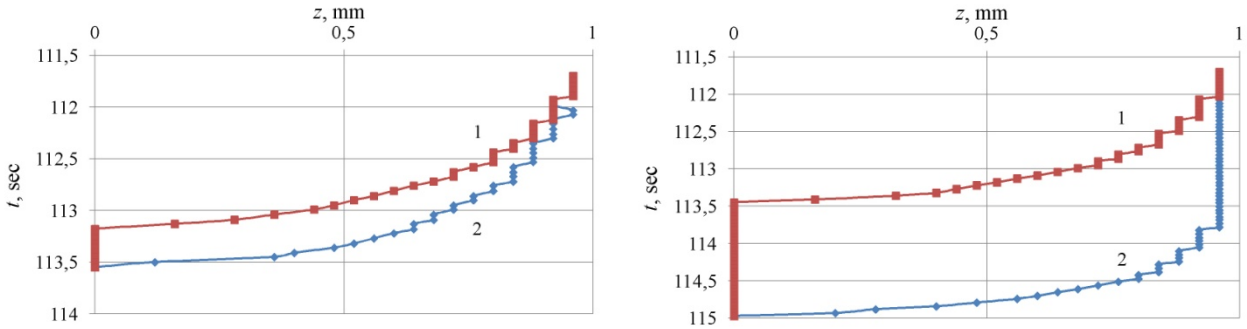
Рис. 2. Эволюция температурного поля при прямом мартенситном превращении в пластине с полутолщиной z=1mm при резком изменении температуры поверхности от 400K до M_f - 5K (*a*), до M_f (*b*)

Полученные данные демонстрируют, что в случае переохлаждения поверхности цилиндра гетерофазное состояние не распространяется полностью на весь объем материала. Из-за понижения температуры поверхности ниже M_f (~ 95K) мартенситный переход берет начало в приповерхностных слоях и идёт узкой полосой. Внутренний объем материала до 0,9r находится в аустенитной фазе, а на поверхности TiNi уже перешел в мартенситное состояние (рис. 1 и рис. 2, а, кривая 111,7). Постепенно гетерофазное состояние заполняет всю внутреннюю область рассматриваемых объектов цилиндрических и плоских форм, находившуюся в аустените. Одновременно зона мартенситной фазы становится шире. При этом фазовое превращение по всему объему материала завершается быстрее, чем во втором случае (рис. 3 и рис. 4).



a *b*

Рис. 3. Эволюция зоны прямого мартенситного превращения в цилиндре r=1mm с течением времени при резком изменении температуры поверхности от 400K до M_f - 5K (*a*), до M_f (*b*):
1 – граница температур начала прямого превращения,
2 – граница температур окончания прямого превращения



a *b*

Рис. 4. Эволюция зоны прямого мартенситного превращения в пластине с полутолщиной z=1mm с течением времени при резком изменении температуры поверхности от 400K до M_f - 5K (*a*), до M_f (*b*):
1 – граница температур начала прямого превращения,
2 – граница температур окончания прямого превращения

При старте охлаждения, когда температура поверхности равна M_f, температурное поле по объему материала меняется более плавно (рис. 1 и рис. 2, *b*). Поэтому гетерофазное состояние охватывает весь объем конструкции (рис. 3 и рис. 4, *b*). Отметим, что в цилиндрических объектах данная ситуация длится в 2 раза дольше, чем в пластине. Перестройка кристаллической решетки сплава по всему сечению занимает относительно длительное время. При этом материал находится в состоянии пластичности превращения, позволяющему накапливать деформации в сторону внешней нагрузки, что приводит к увеличению величины формоизменения при равных начальных усилиях, приложенных к кольцевым силовым элементам, и их охлаждении через интервал прямого мартенситного превращения. Таким образом, при начале охлаждения поверхности сплава при температуре на 5K ниже M_f большая часть материала в объеме конструкции в любой момент времени находится вне условий пластичности превращения. Это препятствует развитию деформаций, соответствующих законам скоростной ползучести, присущей гетерофазному состоянию, т.е. деформационным явлениям пластичности превращения.

На рис. 5 и рис. 6 показана временная зависимость скорости изменения температур внутренней области цилиндра и пластины (кривые 1) и в приповерхностном слое (кривые 2). Из приведенных графиков видно, что скорость падения температуры неравномерна в процессе изменения фазового состава материала, при этом в случае переохлаждения поверхности $\dot{U}$ во внутренней части материала возрастает. Расчеты показывают, что переохлаждение поверхности на 5K повышает темп охлаждения материала во внутренних областях пластины

(кривые 1, рис. 6), а в приповерхностных слоях скорость остывания остается на том же уровне (кривые 2, рис. 6).

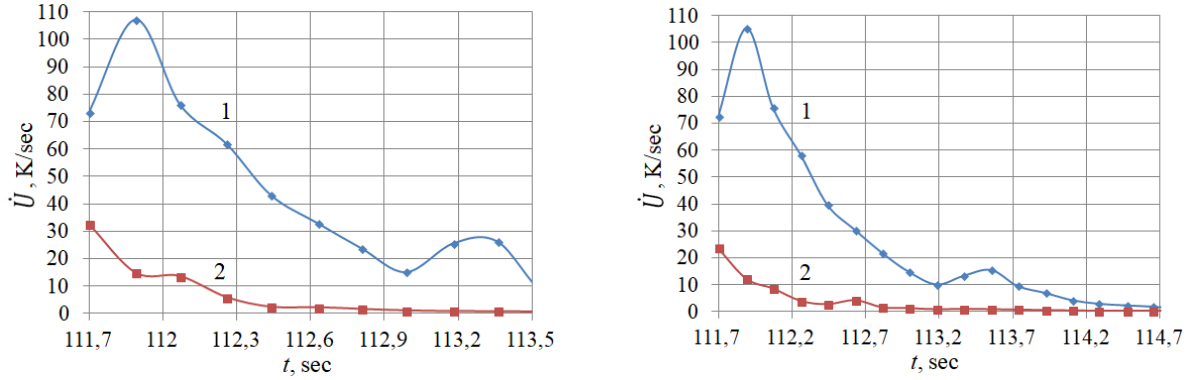


Рис. 5. Скорость изменения температур $\dot{U}$ в цилиндре r=1mm в интервале прямого мартенситного превращения в при резком изменении температуры поверхности от 400K до M_f - 5K (*a*), до M_f (*b*): 1 – во внутренней области, 2 – в приповерхностном слое

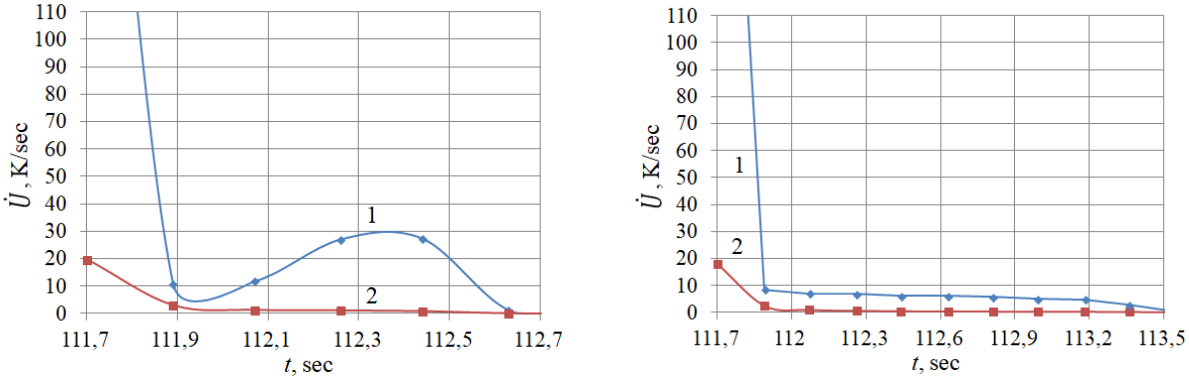


Рис. 6. Скорость изменения температур $\dot{U}$ в пластине с полутолщиной z=1mm в интервале прямого мартенситного превращения при резком изменении температуры поверхности от 400K до M_f - 5K (*a*), до M_f (*b*): 1 – во внутренней области, 2 – в приповерхностном слое

При этом результаты численного эксперимента демонстрируют возможность осциллирующего режима остывания во внутреннем слое (кривые 1, рис. 5, *a*, *b*, рис. 6, *a*) на стадии завершения трансформации кристаллической решетки. Величина подъема скорости охлаждения $\dot{U}$ в цилиндре в случае переохлаждения на 5K в два раза меньше (кривая 1, рис. 5, *b*), чем в первой ситуации (кривая 1, рис. 5, *a*). Отметим, на кривой 1 рис. 6, *b* подобный скачок отсутствует. Данный рост скорости охлаждения является следствием ослабления выделения скрытого тепла превращения в материале вблизи M_f. В приповерхностном слое в цилиндрических конструкциях возможен ступенчатый характер снижения темпа остывания (кривые 2, рис. 5, *a*, *b*).

Проведенные численные эксперименты показывают, что в случае скачкообразного переохлаждения поверхности материала до $U_{surf} = M_f$ - 5K фазовое превращения происходит быстрее (рис. 3 и рис. 4, *a*), чем в случае изменения температуры до $U_{surf} = M_f$ (рис. 3 и рис. 4, *b*). Это может быть причиной снижения деформационных возможностей кольцевых силовых пучковых и ленточных элементов. При этом в цилиндрических конструкциях материал находится в состоянии пластичности превращения более чем в 2 раза дольше, что позволяет предположить о предпочтениях при выборе сортамента для реализации наибольших

перемещении при решении соответствующих задач. Влияние скорости изменения температуры и выбор материала для изготовления силовых элементов, действующих на эффекте памяти формы, могут быть использованы в технологии машиностроения как регулятор их деформационно-силовых возможностей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. E. Khlopkov, G. Volkov, Y. Vyunenko. Specific features of the behavior of TiNi force elements in thermocycling / Materials Today: Proceedings, V. 4, I. 3, P. B, 2017. – p. 4879–4883.

2. Yu. N. V'yunenko, G. A. Volkov, E. A. Khlopkov. Temperature factor to control deformation-power behavior of ring-shaped bundle force TiNi elements / Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics, V. 63, I. 8, 2018. – p. 1167–1170.

3. Хлопков Е.А., Вьюненко Ю.Н., Журбенко П.Н., Затульский Г.З. О влиянии скорости изменения температуры на деформационные процессы, связанные с фазовыми превращениями в сплавах с эпф // 60 Международная научная конференция «Актуальные проблемы прочности», 14–18 мая 2018 года, Витебск, Беларусь: материалы конференции. – Витебск: ВГТУ, 2018. – С. 210–212.

4. Вьюненко Ю.Н., Хлопков Е.А., Волков Г.А. Механические свойства "металлических мышц" из материалов с эффектом памяти формы / Перспективные материалы и технологии: монография. В 2-х т. Т.1. Глава 25 / В.А. Андреев [и др.]; под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: УО "ВГТУ", 2017. – С. 412–429.

5. Вьюненко Ю.Н. Механизм эффекта памяти формы, обусловленный эволюцией поля остаточных напряжений / Материаловедение, № 12, 2003. – С. 2–6.

УДК 621.9.047.4

Е.В. Гонибесова, М.Т. Коротких
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ЗАУСЕНЦЕВ С МЕЛКИХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

При изготовлении различных плоских деталей из металлических сплавов наибольшую производительность имеет и широко применяется штамповка-вырубка, при которой по контуру заготовки образуются заусенцы [1]. Основными причинами образования заусенцев являются: увеличенный или неравномерный зазор между матрицей и пуансоном, штамповка деталей затупленными режущими кромками матрицы и пуансона, колебания в толщине и неровности материала [2].

Для решения данной проблемы существуют различные методы.

Наиболее распространенным является удаление заусенцев механической обработкой. Этот метод может осуществляться как на станках, так и вручную, однако, он требует применения специального режущего, абразивного, щеточного или ручного инструмента, что часто экономически невыгодно или технически невозможно из-за технологических трудностей доступа к зоне обработки, находящейся в отверстиях или пазах малого размера [3].

Наряду с механической обработкой, используются и различные альтернативные, относительно новые и достаточно эффективные электро-физико-химические методы. Так, например, ультразвуковые методы используются для заусенцев до 0,1 мм с мелких деталей (до 10 г), но в ходе обработки зерна абразива могут внедряться в поверхность деталей, поэтому при использовании данного метода необходима дополнительная обработка поверхности изделий [4].

Также весьма распространен термический метод, при этом обрабатываемая деталь не изменяет размеров, чистоты поверхности и свойств материала, но использование термической обработки осложняется тем, что поверхность детали должна быть тщательно очищена и обезжирена [5].

В связи с этим, интерес представляют различные электрохимические методы обработки металлов.

Сущность метода анодного растворения заусенцев заключается в том, что при пропускании тока через межэлектродный промежуток, электрический заряд концентрируется на остриях заусенца, за счет этого, а также из-за значительной разницы межэлектродного зазора около заусенца и на других участках заготовки преимущественно растворяется заусенец [6].

Однако к этому способу предъявляются особые требования техники безопасности и производственной санитарии, поэтому его рационально применять в условиях автоматизированных производств [7].

При проектировании автоматизированной гальванической линии необходимо было установить технологические режимы процесса и его производительность при удалении заусенцев типовых размеров, встречающихся на производстве.

Для выбора рациональных параметров процесса для условий автоматизированного производства были проведены экспериментальные исследования.

При проведении процесса, возможно, варьировать несколько параметров: концентрации основного компонента электролита, напряжения на электродах, температуры электролита, при изменении которых определялась скорость растворения заусенцев.

Целью работы являлось создание технологических основ для разработки автоматизированной гальванической линии удаления заусенцев.

Для достижения цели, необходимо было подобрать электролиты в соответствии со свойствами обрабатываемого материала, исследовать геометрические характеристики обрабатываемых деталей до и после обработки, провести травление при разных режимах и сравнить результаты исследований.

Для реализации поставленных задач, была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка, включающая в себя кислотостойкую гальваническую ванну, источник тока и термостат (рис. 1).

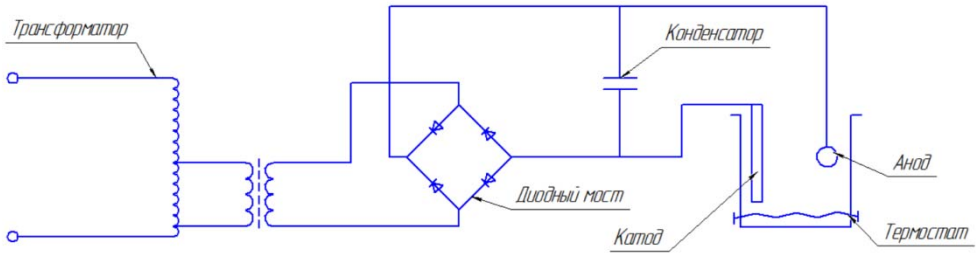


Рис. 1. Экспериментальная установка

Таблица 1. Полный факторный план эксперимента

№ эксперимента	Факторы в натуральном виде			Факторы в безразмерной системе координат		
	Температура, ^{0}C	Напряжение, В	Концентрация серной кислоты, г/л	Температура, ^{0}C	Напряжение, В	Концентрация серной кислоты, г/л
1	20	1	100	-	-	-
2	20	1	250	-	-	+
3	50	1	100	+	-	-
4	50	1	250	+	-	+
5	20	2	100	-	+	-
6	20	2	250	-	+	+
7	50	2	100	+	+	-
8	50	2	250	+	+	+

В качестве исследуемого материала была выбрана Ст3, поскольку чаще всего для изготовления плоских деталей метизной группы используются простые углеродистые стали, поэтому при подборе электролита за основу был взят рекомендуемый состав: H_2SO_4 – 200–250 г/л; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 1–2 г/л;$NaCl$ – 20–25 г/л [8].

При проведении экспериментов был составлен полный факторный план, представленный в табл. 1.

В ходе экспериментов измерялась высота заусенцев до травления и после него, из этих данных определялась скорость травления в зависимости от технологических параметров процесса, которая и принималась за целевую функцию при оптимизации.

Полученные зависимости представлены на рис. 2.

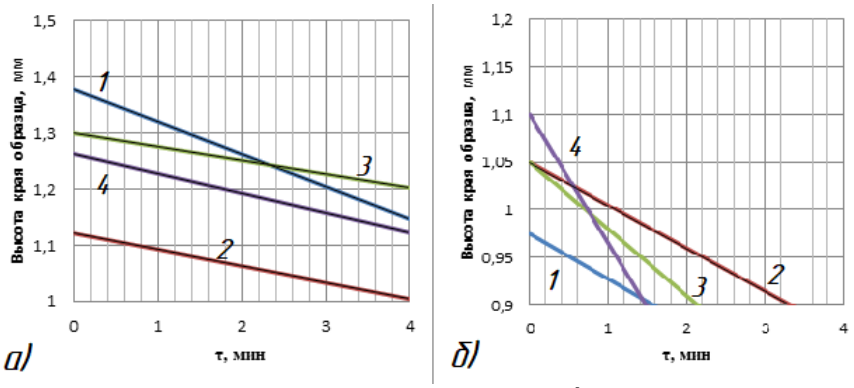


Рис. 2: *а* – зависимость скорости травления при температуре 20^0 от технологических параметров: 1 – U=2 В, $C_{H_2SO_4} = 250$ г/л; 2 – U=1 В, $C_{H_2SO_4} = 250$ г/л; 3 – U=1 В, $C_{H_2SO_4} = 100$ г/л; 4 – U=2 В, $C_{H_2SO_4} = 100$ г/л; *б* – зависимость скорости травления при температуре 50^0 от технологических параметров:1 – U=1 В, $C_{H_2SO_4} = 100$ г/л; 2 – U=2 В, $C_{H_2SO_4} = 100$ г/л; 3 – U=1 В, $C_{H_2SO_4} = 250$ г/л; 4 – U=2 В, $C_{H_2SO_4} = 250$ г/л

Таблица 2. Опытные значения скорости травления в зависимости от режимов обработки

Температура, ^{0}C	Напряжение, В	Концентрация серной кислоты, г/л	Скорость травления, мкм/мин
20	1	100	24,4
20	1	250	29,4
50	1	100	45,0
50	1	250	70,0
20	2	100	35,0
20	2	250	57,8
50	2	100	47,4
50	2	250	135,0

Итоговые результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Высота заусенцев измерялась на инструментальном микроскопе, а их вид фотографировался (рис. 3). Вид кромки изделия до и после обработки показывает, что величина заусенцев существенно уменьшается, а острые кромки изделия закругляются. Если учитывать, что реальная величина заусенцев после штамповки вырубки не превышает 0,2 мм [1], то на основании экспериментальных данных (табл. 1) можно заключить, что время травления может быть ограничено 2–3 минутами.

Как видно из табл. 2, наибольшая скорость травления достигается при концентрации серной кислоты, равной 250 г/л, напряжении в 2 В и температуре 50 ^{0}C.

Полученные данные были приняты как исходные при проектировании автоматической гальванической линии, тактом которой было принято время равное трем минутам.

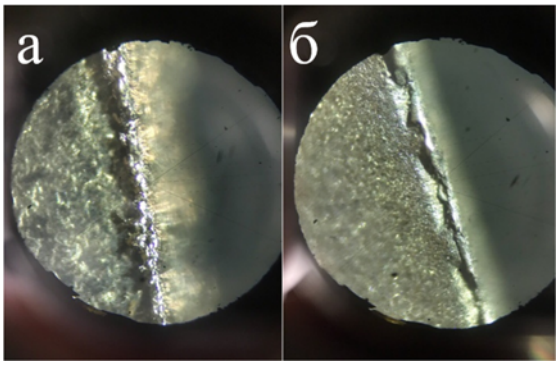


Рис. 3. Фотографии заусенцев: а – до электрохимической обработки;
б – после электрохимической обработки (режимы обработки: $c_{H_2SO_4} = 100$ г/л; U=2 В; t=50 ^{0}C)

Так как детали имеют малые размеры (шайбы, ламели и др.), то их гальваническая обработка предполагается групповым методом, для чего используются перфорированные вращающиеся барабаны. И выгрузка барабана осуществляется вручную, целесообразно производить полную обработку деталей в барабане, включающую обезжиривание, промывку, электрохимическое травление, промывку, выгрузку и сушку. Причем все переходы технологического процесса должны выполняться за время, равное такту линии.

Автоматическая линия (рис. 4) состоит из:

- кольцевой траверсы *1*, по которой перемещаются каретки *2*, имеющие периодические остановки над конкретными ваннами. На каретках закреплены механизмы вращения, подъема и опускания барабана *3* с загруженными в него заготовками;
- места *4*, на котором производится загрузка барабана;
- ванны *5* электрохимического обезжиривания деталей (состав электролита: NaOH – 10–20 г/л; Na_2CO_3 – 40–50 г/л; Na_3PO_4 – 40–50 г/л; режим работы ванны: напряжение – 10–15 В; плотность тока – 8–10 А/дм^2; температура – 70–80 ^{0}C) [8], которая оснащена нагревателями и источником тока *6*,
- промывочной ванны *7*, в которой удаляются остатки электролита обезжиривания;
- ванны электрохимического травления заусенцев *8*, оснащенной нагревателем для подогрева электролита и гальваническим источником питания *9*;
- следующей промывочной ванной *10*;
- местом разгрузки барабана *11*, на котором заготовки по склизу попадают в сушильный шкаф *12*, оснащенный центробежным вентилятором *13* и калорифером *14*.

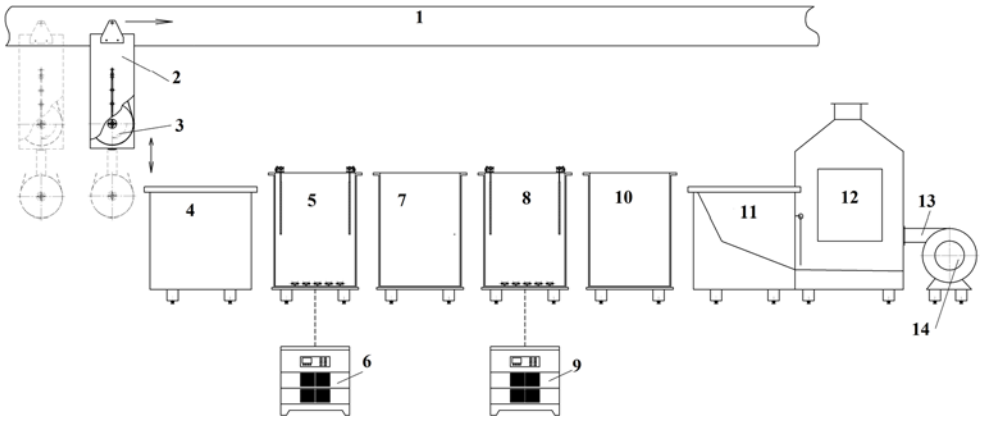


Рис. 4. Схема автоматической линии для удаления заусенцев (развертка)

Особенностью работы линии является программное перемещение барабана между ваннами и заданное время выдержки на всех технологических переходах технологического процесса.

Выводы:

1. Проведенные эксперименты позволили уточнить технологические режимы электрохимического удаления заусенцев на деталях из малоуглеродистых сталей после штамповки вырубки и определить необходимое время обработки и такт автоматической линии.

2. Было установлено, что оптимальными режимами удаления заусенцев являются: U=2 В; t=50 С, при составе электролита H_2SO_4 – 250 г/л; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 2 г/л; $NaCl$ – 25 г/л.

3. Полученные данные позволили разработать структуру и конструкцию отдельных элементов автоматической линии для удаления заусенцев с малоразмерных деталей после штамповки вырубки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.

2. Малов А.Н. Технология холодной штамповки. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1969. – 568 с.

3. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов / Под ред. Ю.М. Барона. – СПб.: Питер, 2012. – 512 с.

4. Электрофизические и электрохимические методы обработки и технологии в машиностроении. Ч.1. учеб. Пособие / В.С. Кобчиков, В.Н. Кудрявцев, М.Т. Коротких, В.И. Никифоров, М.М. Радкевич; под ред. В.И. Никифорова. – СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2017. – 602 с.

5. Башнин Ю.А. Технология термической обработки стали / Башнин Ю.А., Ушаков Б.К., Секей А.Г. – М.: Металлургия, 1986. – 424 с.

6. Ротинян А.Л. Теоретическая электрохимия / А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина. – Л.: Химия, 2013. – 424 с.

7. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование / Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Глобус, 2005. – 240 с.

8. Грилихес С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов / Под ред. П.М. Вячеславова. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 101 с.

УДК 621.83

А.Д. Будяков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОЩНОСТЬ СИЛ ТРЕНИЯ В СОПРЯЖЕНИИ РОЛИК-САТЕЛЛИТ В ПЛАНЕТАРНО-ЦЕВОЧНОМ РЕДУКТОРЕ

Планетарно-цевочные редукторы широко применяются в технических мехатронных системах, в которых требуется высокая точность работы и большая передаваемая мощность.

Основные преимущества ПЦР:

- высокие передаточные отношения в одной ступени;
- высокая нагрузочная и перегрузочная способность вследствие многопарности зацепления в передаче;
- высокий коэффициент полезного действия – от 85%;
- плавность хода, отсутствие вибраций и шума.

Основными недостатками являются:

- высокая стоимость, обусловленная требованиями к точности обработки;
- нереверсивность.

В рамках данной работы проведено исследование геометрических параметров ПЦР с целью выявить пути оптимизации профиля сателлита и повышения показателей износостойкости и долговечности [1].

Изложенный далее расчет планетарно-цевочной передачи имеет следующие базовые допущения:

1. Погрешностями изготовления и сборки планетарно – цевочной передачи пренебрегаем. Зазоры и натяги в передаче отсутствуют.

2. Упругие деформации деталей считаем пренебрежимо малыми в сравнении с контактными деформациями сопряжения сателлит – цевка.

3. Упругие перемещения в контакте полагаем линейно зависящими от силы.

Ниже представлены параметрические уравнения, описывающие профиль сателлита.

$$x(\varphi) = x_e(\varphi) - r_c \cdot |\cos(\theta(\varphi))| \cdot sign(\cos(\varphi) - \lambda \cdot \cos(\varphi \cdot z_2)),$$
$$y(\varphi) = y_e(\varphi) - r_c \cdot |\sin(\theta(\varphi))| \cdot sign(\sin(\varphi) - \lambda \cdot \sin(\varphi \cdot z_2)),$$
$$x_e(\varphi) = \left(\frac{z_2 \cdot e}{\lambda}\right) \cdot \cos(\varphi) - e \cdot \cos(z_2\varphi), \quad (1)$$
$$y_e(\varphi) = \left(\frac{z_2 \cdot e}{\lambda}\right) \cdot \sin(\varphi) - e \cdot \sin(z_2\varphi),$$

где φ – угол поворота производящей окружности относительно центра направляющей окружности, $\varphi = 0–2\pi$; z_2 – число цевок; λ – коэффициент укорочения эпициклоиды; r_c – радиус цевки; e – эксцентриситет фиксированной точки на производящей окружности.

С учетом всех геометрических параметров, уравнение угла нормали к профилю с учетом угла поворота сателлита вокруг центра цевочного колеса ρ (он же – угол поворота входного вала редуктора) можно записать так:

$$\theta(\varphi, \rho) = \operatorname{atan}\left(\frac{\sin(\varphi) - \lambda \cdot \sin(\varphi \cdot z_2 + \rho)}{\cos(\varphi) - \lambda \cdot \cos(\varphi \cdot z_2 + \rho)}\right), \quad (2)$$

где O_1 – центр цевочного колеса; O_2 – центр сателлита; ρ – угол поворота сателлита относительно O_1 (оси цевочного колеса); φ – угол наклона прямой, проходящей через точку М; $\theta(\varphi, \rho)$ – угол нормали к профилю сателлита в точке М; y_{O1}, x_{O1} – система координат цевочного колеса; y_{O2}, x_{O2} – система координат сателлита.

На рис. 1 представлена схема углов сателлита. При повороте сателлита на угол ρ сателлит обкатывается вокруг собственного центра на угол в u раз меньший [2].

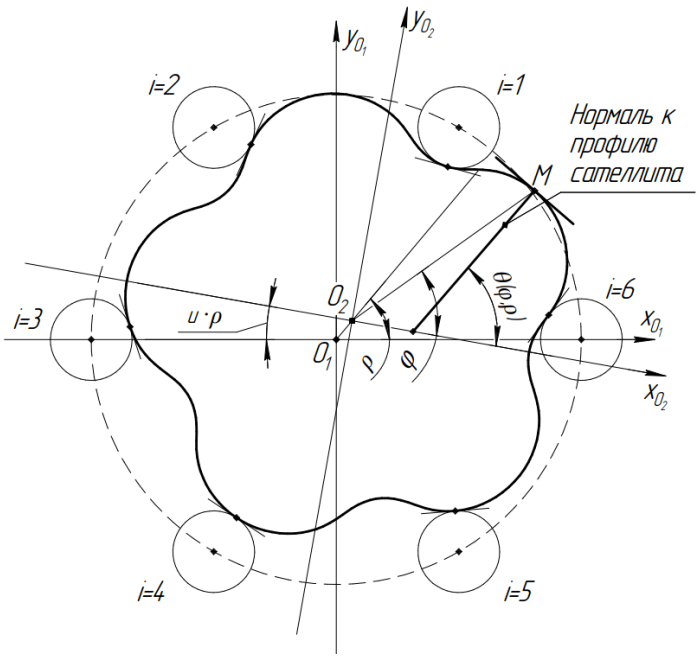


Рис. 1. Схема углов сателлита

Сила зацепления *i*-той цевки определяется:

$$F_i = M_2 \cdot \left(1 + \frac{1}{u}\right) \cdot \frac{n_{O_1 i}}{\sum_j n_{O_1 j} \cdot n_{O_2 j}}.$$

Выразив с учетом выражений, описанных выше:

$$F_i = M_2 \cdot \left(1 + \frac{1}{u}\right) \cdot \frac{\sin\left(\beta(\varphi_i, \rho)\right) \cdot e \cdot z_2}{\sum_j \sin\left(\beta\left(\varphi_{ij}, \rho\right)\right) \cdot e \cdot z_2 \cdot \sin\left(\beta\left(\varphi_{ij}, \rho\right)\right) \cdot e \cdot z_1} =$$

$$= \left(1 + \frac{1}{u}\right) \cdot \frac{M_2}{e \cdot z_1} \frac{\sin\left(\beta(\varphi_i, \rho)\right)}{\sum_j \sin\left(\beta\left(\varphi_{ij}, \rho\right)\right)^2}.$$

Окончательный вид формулы нормальной силы в точке контакта *i*-той цевки:

$$F_i(\varphi_i, \rho) = \left(1 + \frac{1}{u}\right) \cdot \frac{M_2}{e \cdot z_1} \cdot \frac{\sin\left(\beta(\varphi_i)\right)}{\sum_j \sin\left(\beta\left(\varphi_{ij}, \rho\right)\right)^2}. \quad (3)$$

Момент силы в зацеплении с *i*-той цевкой:

$$M_i(\varphi_i, \rho) = \left(1 + \frac{1}{u}\right) \cdot M_2 \cdot \frac{\left(\sin\left(\beta(\varphi_i)\right)\right)^2}{\sum_j \sin\left(\beta\left(\varphi_{ij}, \rho\right)\right)^2}, \quad (4)$$

где M_1 – момент на входном валу; M_2 – момент на выходном валу; *j* – число одновременно работающих цевок; *u* – величина, обратная передаточному отношению.

По данным формулам при постоянных параметрах типоразмера редуктора и передаточного отношения были исследованы параметры мощности сил трения и работы сил трения в зависимости от диаметра цевок и величины эксцентриситета [3, 4].

Для передаточного отношения *i*=59 были исследованы зависимости максимальных значений мощности и работы сил трения от диаметра цевок и от диаметра центроиды сателлита (величины эксцентриситета). Схема нумерации цевок представлена на рис.2.

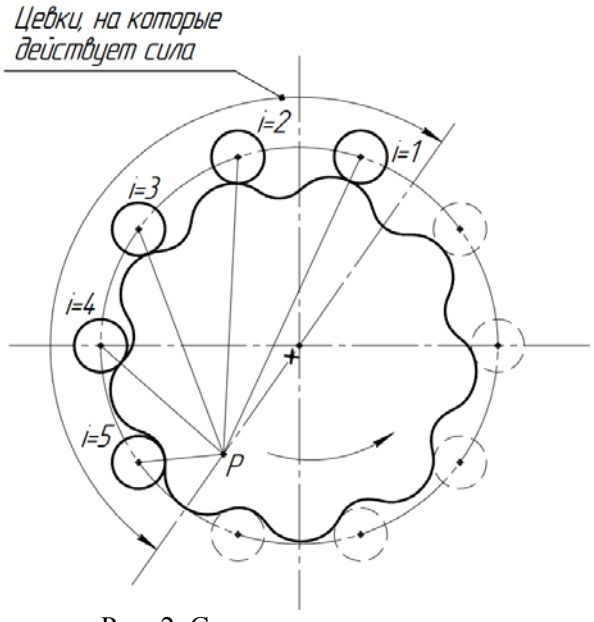


Рис. 2. Схема нумерации цевок

В качестве исследования по первому параметру выбран ряд диаметров цевок от 2.2 мм до 3.7 мм (с шагом 0.1 мм). В качестве диапазона значений эксцентриситета были выбраны значения от 0.35 мм до 0.47 мм (с шагом 0.01 мм).

Единицы измерения в расчетах не указываются, поскольку анализируются лишь относительные показатели величин, а не абсолютные.

Необходимо выяснить, насколько сильно влияет угол поворота сателлита вокруг центра цевочного колеса на изменение величины силы во всех работающих цевках.

Параметры эксцентриситета и радиуса цевок не меняются.

Проанализировав функцию мощности сил трения в зависимости от угла поворота и номера цевки, можно заключить, что максимальное значение сохраняется неизменным в контакте 16 цевки. Последующие исследования изменения мощности будут производиться по показаниям 16 цевки. Угол поворота установлен – 0°.

На рис. 3 и 4, соответственно, представлены графики зависимости мощности силы трения от диаметра цевки и от эксцентриситета. По аналогии с предыдущим пунктом, отыщем цевку, в которой величина работы сил трения максимальна. Анализ функции показывает, что при повороте входного вала на 180 градусов максимальная работа приходится на 45 цевку. По ней и будут производиться дальнейшие измерения.

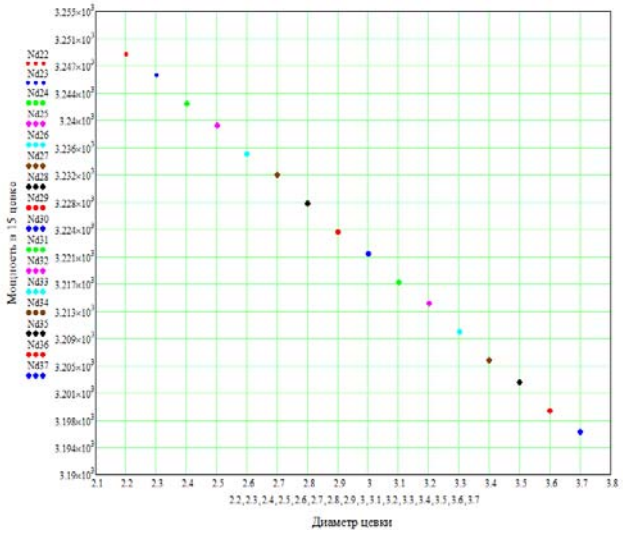


Рис. 3. Зависимость мощности силы трения от диаметра цевки

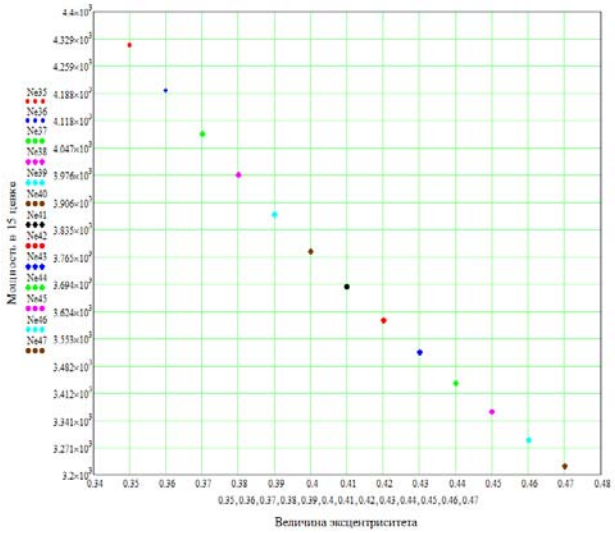


Рис. 4. Зависимость мощности силы трения от величины эксцентриситета

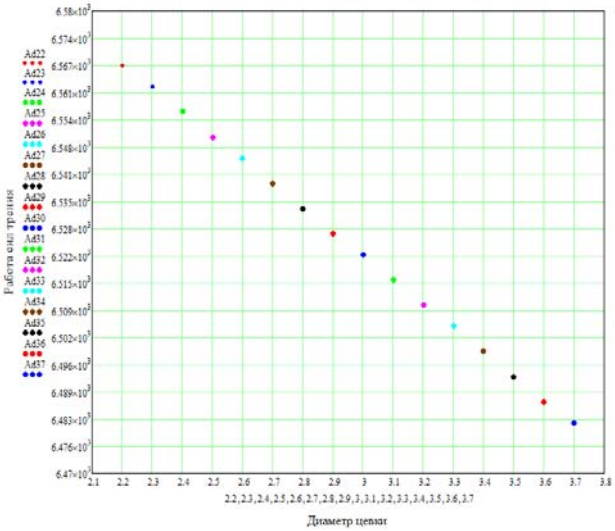


Рис. 5. Работа сил трения в зависимости от диаметра цевки

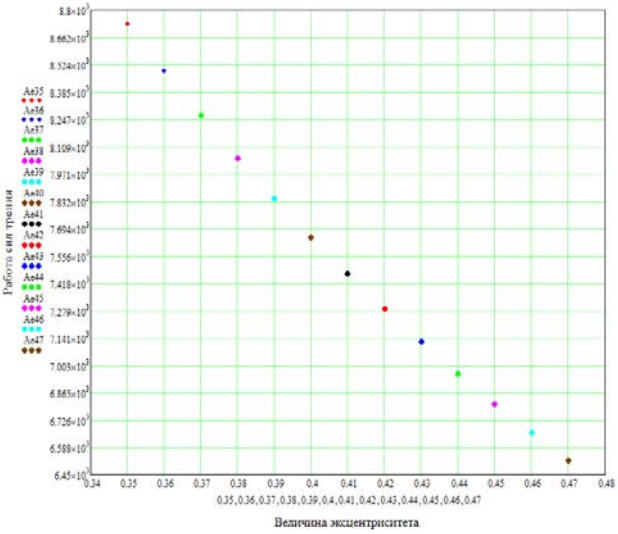


Рис. 6. Работа сил трения в зависимости от величины эксцентриситета

На рис. 5 и 6, соответственно, представлены графики зависимости работы силы трения от диаметра цевки и от величины эксцентриситета. Как и в предыдущем случае, зависимость силы трения от диаметра цевки носит линейный характер, а от эксцентриситета – приближенно линейный.

Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. Мощность и работа сил терния могут использоваться для оценки качества трибосопряжения.

2. И мощность, и работа сил трения при увеличении диаметра цевок становятся меньше, однако это изменение незначительно. Увеличение диаметра на 0.1 единицы влечет за собой уменьшение мощности сил трения на ~4 единицы, работы ~ на 6.

3. Изменение же эксцентриситета оказывает весьма существенное влияние на параметры трибосопряжения. Так увеличение эксцентриситета на 0.01 единицы влечет за собой изменение мощности сил трения примерно на 150 единиц, что более чем в 35 раз больше, чем аналогичное изменение диаметра цевки. Схожая картина наблюдается и в случае работы сил трения.

С технологической точки зрения изменение диаметра цевок ведет к изменению и профиля сателлита, и геометрических параметров цевочного колеса. Изменение же эксцентриситета влияет только на профиль сателлита и на параметры входного вала. Больший эксцентриситет будет способствовать большим нагрузкам на входном валу.

С точки зрения объекта исследования данной работы, определенно можно сделать вывод, что изменение величины эксцентриситета дает более ощутимый результат, чем диаметр цевок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Егоров И.М., Алексанин С.А., Федосовский М.Е., Птицына А.С. Влияние погрешностей элементов механизма параллельных кривошипов на кинематическую точность планетарного цевочного редуктора // Известия вузов. Приборостроение. 2014. Выпуск №10. Том 57. С. 76–80.

2. Егоров И.М., Алексанин С.А., Федосовский М.Е., Кряжева Н.П. Математическое моделирование погрешностей изготовления элементов цевочной передачи планетарного редуктора // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. Выпуск 6 (94). С. 171–176.

3. Планетарно-цевочные передачи: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 64 с.

4. Егоров И.М. Вклад различных участков профилей зубьев сателлита в несущую способность планетарного цевочного редуктора // Современное машиностроение: Наука и образование: материалы 6-й международной научно-практической конференции / Под ред. А.Н. Евграфова и А.А. Поповича. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.

УДК 003.63+912.43

А.А. Вершицкая, В.В. Лаптев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ДИЗАЙН-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ В ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТАХ: ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ И АНАМОРФОЗА

В наши дни человек регулярно пользуется различными картами, планами и схемами. На мобильных устройствах, компьютерах или в бумажном виде карты помогают нам ориентироваться в пространстве, определять местоположение, находить нужные места, изучать маршруты движения транспортных средств и т.п. Широкое использование картографии подтверждает актуальность темы исследования.

Карта – это нечто большее, чем просто отображение мира. В результате синтеза географии, истории и искусства появляется предмет, поражающей своей красотой. С помощью карт человек издавна пытается передать взгляд на мир, чтобы лучше его понимать.

Человечество пользуется картами с древнейших времен, постоянно находясь в поиске универсального решения отображения пространственной действительности. Каждая эпоха приносила свои изменения в картографию: менялись представления о мире, росли потребности – менялись и карты. В наше время используют различные способы изображения топографической основы. Существует огромное разнообразие карт по территориальному охвату, масштабу, назначению и содержанию. В зависимости от поставленной задачи на карте отображаются необходимые слои – города, водные ресурсы, рельеф, государственные границы, условные обозначения. Однако просто убрать одни объекты и добавить другие недостаточно для решения конкретных задач. Для доступности восприятия карты необходимо преобразовывать.

Целью данного исследования является изучение способов преобразования топографической основы для повышения доступности ее визуального восприятия. Для этого выполнен ряд задач: рассмотрен исторический аспект темы и мировые тенденции, современные принципы построения тематических карт и транспортных схем. На основании этого разработана топографическая основа настольной игры про путешествия по Ленинградской области.

Для преобразования карт используют приемы генерализации (упрощения) и анаморфозы (искажения). Это улучшает восприятие карт, помогает донести до человека нужную информацию.

Картографическая генерализация – это отбор и обобщение изображаемых на карте объектов соответственно ее назначению, масштабу, содержанию и особенностям картографируемой территории. Термин «генерализация» происходит от латинского корня «generalis», что означает общий, главный [1, с. 185–191]. Генерализация – неотъемлемое свойство всех картографических изображений, даже самых крупномасштабных. Она является одним из проявлений процесса абстрагирования отображаемой на карте действительности. По мере абстрагирования исчезают частности и отчетливее проступают самые существенные черты объекта, обнаруживаются ведущие закономерности, главные взаимосвязи, выделяются геосистемы все более крупного ранга [2, с. 129–133].

Однако таким образом процесс генерализации приводит к противоречиям между требованиями геометрической точности (степень соответствия местоположения точек на карте их местоположению в действительности) и географического соответствия (передача действительности в ее главных, типических чертах, отображение пространственных взаимосвязей явлений и сохранение их географической специфики). Геометрическая точность необходима на картах, используемых для измерений и технического проектирования. Мелкомасштабные карты по преимуществу имеют обзорный характер, поэтому для них важнее требование географического соответствия [3, с. 105–114]. Задача картографа – хорошо понимать содержательную сущность изображаемых географических или иных объектов и явлений, уметь выявить их главные типичные особенности, связи.

Анаморфированные карты – трансформированные непространственноподобные карты, на которых изменены длины, площади или угловые соотношения и формы показанных объектов, но при этом точно сохранены их топологические соотношения. Термин «анаморфоза» (от греческого «anamorphose» – «деформация, преобразование») используется в некоторых странах Европы, в английском языке обозначается терминами «distortedmaps», «transformedmaps», «cartograms», «pseudo-cartograms», что схоже с немецким «Kartogramm». Анаморфозы можно определить как графические изображения, производные от традиционных карт, масштаб которых трансформируется и варьирует в зависимости от величины характеристики на исходной карте [4]. Большое количество анаморфированных карт

можноувидеть в проекте Worldmapper. Его девиз – «Мир, каким вы его еще не видели». Авторами рассмотрены статистические данные по самым разным параметрам около двухсот стран. В зависимости от выбранного показателя страны то становятся огромными, то едва различимыми, искажаясь до неузнаваемости, при этом оставаясь в пределах своего естественного геополитического положения. Для облегчения ориентации в пространстве каждой территории присвоен свой постоянный цвет. В коллекции, которая постоянно пополняется, находится уже более 900 карт на различные тематики [5].

Первые карты в истории человечества выполнялись без масштаба и проекции, но были точны в топологии за счет привязки к ключевым и общеизвестным ориентирам. Примером такой карты может служить Пейтингерова скрижаль, созданная около IV в. На 11 пергаментных листах изображена территория Римской империи, Ближнего Востока, Индии и Китая, однако узнать их очертания практически невозможно из-за сильного искажения ландшафта и расстояний. В то же время, этой картой было удобно пользоваться для того, чтобы понять, как добраться из одного населенного пункта в другой, какие ориентиры есть на местности. По сути, это упрощенная и преобразованная схема, на которой отмечены несколько сотен городов и 3500 достопримечательностей.

Изучение средневековых карт – лучший способ понять мышление людей, живущих в ту эпоху. Зачастую географические карты создавались не для практического применения, а для наглядной иллюстрации картины мироздания. Такие карты носили название Mappamundi (полотнище мира). Одной из самых больших и известных карт такого типа является Херефордская карта мира XIV века. На ней одновременно показано большое количество объектов – города и реки, рисунки, изображающие известных людей, исторические события, неведомых зверей, записаны легенды. Топографическая основа сильно деформирована и ориентирована на восток, карта выполнена в форме круга. Сложная структура карты и искаженное изображение частей света отображали греховное видение мира человеком. Смысл карты заключался в переключении внимания с окружающего мира и попыток его понять на стремление к небесному, а не земному.

В то же время широкое распространение получили портуланы – морские карты эпохи Возрождения от конца XIII до XVI века, на которых показана акватория Средиземного и Черного морей, а также побережье Атлантического океана за Гибралтаром [6]. В отличие от Mappamundi, очертания береговой линии на портуланах изображены довольно достоверно. Для удобства использования при морской навигации побережье деформировано, но изображено очень подробно – например, небольшие мысы зачастую показываются крупнее, чем они есть на самом деле, бухты между мысами могут схематично изображаться дугами окружностей [7]. Топографическая основа материков генерализирована и изображена довольно условно, так как мореплаватели не нуждались в этой информации.

Часто использовал прием изменения пропорций и очертаний материков французский инженер Шарль Минар («Карта маршрутов экспорта французских вин», 1864). Ему удавалось наглядно представить статистические данные, однако подобные карты выглядели неэстетично за счет слишком сильного искажения. Существует прием художественной обработки топографической основы для создания выразительного образа. В таком случае карта становится лишь приблизительным ориентиром, символом для зрителя. Примером может служить «Сатирическая карта Европы» Поля Адоля (1870). На ней в карикатурной форме изображены государства Европы в виде людей и животных, некоторые страны и вовсе отсутствуют.

Тематические карты являются характерным примером анаморфозы топографической основы. Тематические карты – это карты природных (физико-географические) и общественных явлений (социально-экономические), их сочетаний и комплексов, посвященные какой-либо определенной теме. Эти карты изображают не просто рельеф, но и показывают различные данные, пространственные закономерности, взаимосвязи, статистику.

Главное в тематических картах – представление дополнительных данных о местности. С помощью них можно картографировать не только реальные, но и абстрактные объекты, например, устойчивость экономического развития территории [8]. Предметы и явления в тематических картах рассматриваются в разрезе выделения их качественных и количественных характеристик, поэтому тематические карты можно рассматривать как особое направление в информационном дизайне. Топографическая основа в тематических картах носит вспомогательный характер, ее элементы, не имеющие значения в данном случае (например, населенные пункты, железные и шоссейные дороги, признаки рельефа местности), могут не только опускаться. В ряде случаев географические подробности по форме подвергаются схематизации и деформации в ущерб топографической точности для более наглядного представления информации [9, с. 255–256].

Одна из основных сфер применения генерализации и анаморфозы топографической основы – транспортные схемы. С одной стороны, карты с большим количеством подробностей интересно изучать, но, с другой стороны, для пассажиров метро важно как можно быстрее понять, как добраться из одной точки в другую. Поэтому со временем из транспортных схем исчезает все больше деталей, и остается лишь самое необходимое. На истории изменения схемы лондонского метро наглядно видно, для чего нужны трансформации карты.

Изначально станции метро и подземные тоннели изображали на обычной городской карте с множеством слоев: улицы, площади, парки, реки. Чтобы сделать линии метро более заметными, карту города стали изображать более бледной, таким образом отодвигая ее на задний фон. Позднее в схеме от топографической основы была оставлена лишь главная водная артерия – Темза. Однако просто убрать все лишние подробности оказалось недостаточно. Чем больше станций, тем более запутанными становятся схемы, в центре большое скопление линий, ближе к окраине станции расположены все реже. Изящное решение проблемы было предложено инженером Генри Беком: использовать принципы построения электрических схем. На них изображены не физическое расположение элементов, а логические связи между ними. В 1933 г. он создает карту с единой сеткой, углами в 45 и 90 градусов и одинаковыми расстояниями между станциями. Эта схема с небольшими изменениями используется в метро Лондона до сих пор [10].

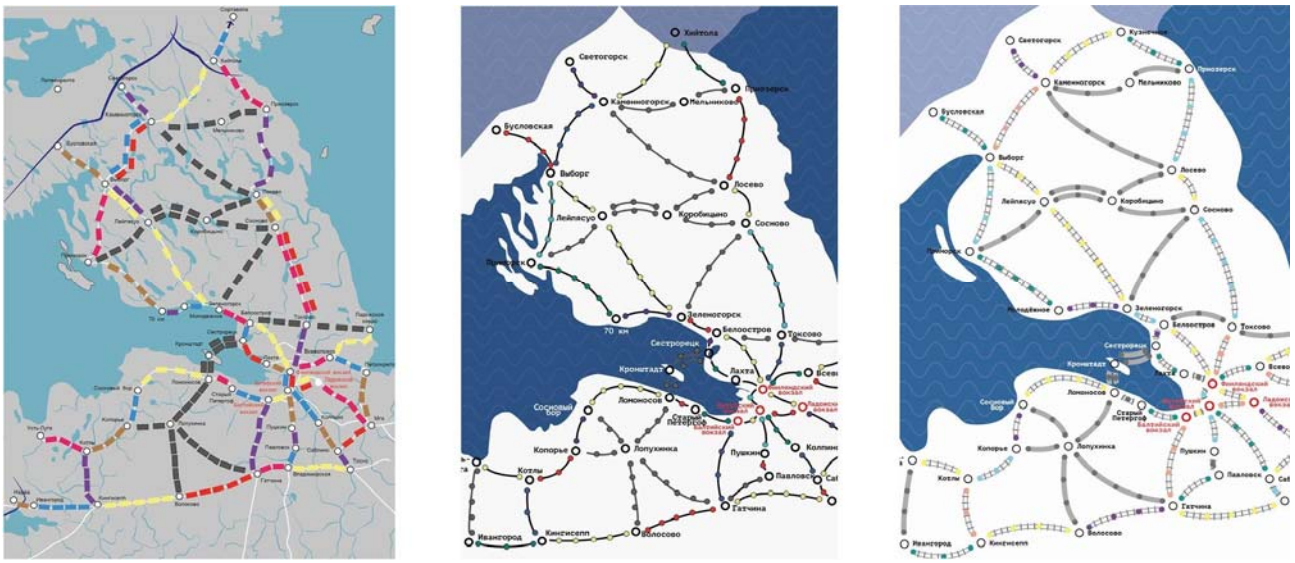


Рис. 1. Процесс работы над топографической основой настольной игры

На основе полученной информации была выполнена топографическая основа настольной игры про путешествия по Ленинградской области (рис. 1). В первоначальном варианте игрового поля карта была перенесена без изменений, сохранены подробные

очертания суши, большое количество рек и озер, использованы яркие цвета для обозначения путей. Со временем было принято решение изменить цветовое решение и способ изображения железнодорожных линий и автомобильных дорог. В результате генерализации очертания суши были обобщены, убраны водоемы и реки, мешавшие восприятию игры. Условные обозначения стали легче считываться: железные дороги изображены в виде рельс, автомобильные дороги похожи на шоссе, выработана единая система расположения названий относительно станций, расстояний между точками. За счет небольшого пренебрежения географической точностью в угоду географическому соответствию удалось создать карту-транспортную схему. Топографическая основа осталась узнаваема, но теперь она не отвлекает от игры, проста и понятна.

Выводы. Любая тематическая карта – это условность и схематичность. Искажения на таких картах и схемах неизбежны при решении разных задач. При этом карта из сферы географических наук переходит в информационную сферу, где она выполняется по правилам информационно-графического дизайна. Большую роль при создании карты играет не только картограф, но и дизайнер, отвечающий не только за проектную, но и за художественную часть. Географическая привязка может как мешать, так и помогать решению задачи при наличии ясного и понятного принципа устройства данного средства навигации. Убирая лишние детали, преобразуя пространство, вводя цветовое кодирование, систематизируя расстояния и обозначения, можно добиться доступности в понимании тематической карты или транспортной схемы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Грюнберг Г.Ю. Картография с основами топографии. – М.: Просвещение, 1991. – 367 с.
2. Берлянт А.М. Картография. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
3. Салищев К.А. Картография. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
4. Тискунов В.С. Моделирование в картографии – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 405 с.
5. Стрелова О.Ю. Что такое карты-анаморфозы? // Общественные науки. – 2012. – № 2. – С. 19–22.
6. Альбукерке Луиш де. О каравеллах и портуланах // Курьер ЮНЕСКО. – 1989. – май. – С. 10–13.
7. Щетников А.И. Портуланы – морские карты XIV–XVI вв. // ΣΧΟΛΗ. – 2015. – № 9. – С. 24–34.
8. География. Общегеографические и тематические карты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geographyofrussia.com/obshhegeograficheskie-i-tematicheskie-karty/ (дата обращения: 08.10.2018).
9. Лаптев В.В. Проектные основы инфографики: учеб. пособие / В.В. Лаптев. – М.: Аватар, 2016. – 287 с.
10. Бирман И.Б. Какие отступления от географической реальности допустимы на транспортных схемах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bureau.ru/bb/soviet/20150721/ (дата обращения: 10.10.2018).

УДК 658.588.8

Л.В. Славутин, А.Я. Башкарев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Уязвимым местом большинства машин, особенно таких как строительные и дорожные, являются узлы трения, которые работают под большими нагрузками и нередко в абразивной среде. Из-за сложных конструкторских схем не всегда удается обеспечить их принудительную

смазку, поэтому часто возникает режим сухого трения и как следствие, повышенный износ. В связи с этим всегда стоит задача совершенствования технологий восстановлений изношенных деталей.

Значительный экономический эффект достигается в результате использования при восстановления подвижных соединений полимерных материалов, наносимых на металлические поверхности [1, 2].

Для переработки в любых условиях производства удобнее использовать полиамиды, которые относятся к группе термопластов. Особенно эффективно их применять при разработке и совершенствование порошковых способов нанесения покрытий. По сравнению с другими полимерами, полиамиды обладают высокой адгезионной прочностью, низким коэффициентом трения, высокой износостойкостью, достаточно широким температурным диапазоном эксплуатации, а также другими ценными эксплуатационными свойствами.

В настоящее время существуют большое количество работ, в которых описывается на основе испытаний подтверждается большая эффективность применения тонкослойных антифрикционных покрытий из полимеров в узлах трения.

Имея небольшую толщину, полимерные покрытия, предназначенные для работ на трения, обладают более высокой износостойкость. Это можно объяснить тем, что они имеют лучше теплопроводность, более высокую антифрикционные свойства и положительное влияние металлической подложки.

Внедрение наполнителей, как правило оказывает комплексное воздействие. Помимо изменения антифрикционных и износостойких качеств полимеров, изменяются и их деформативные характеристики, ударная вязкость, а также адгезионная прочность.

Без учета лакокрасочных покрытий большинство методов нанесения основывается на использование мелкодисперсных порошков, которые изготавливаются из термопластов. Сущность технологии заключается в расплавлении их на поверхности за счет аккумулированного в ней тепла. Такие методы можно разделить на три группы: нанесение покрытий в псевдоожиженном слое, нанесение расплавленных частиц на поверхность детали и нанесение электрически заряженных полимерных частиц [3–5]. Во всех известных методах есть недостатки. Полимер наносится на все поверхности детали, и даже туда, где полимер не нужен. Таким образом, имеет место неэффективное использование материала, плюс большие трудозатраты. В данной работе поставлена задача разработать автоматизированную технологию и оборудование, с помощью которых будет наноситься полимер только в заданном месте. Это даст возможность минимизировать затраты порошка и повысить производительность процесса.

Предлагаемая установка (рис. 1) состоит из резервуара для приготовления воздушно-порошковой смеси (Р, термореле *10*, воздушного компрессора *11*, вакуумного насоса *9*, шлангов.

Резервуар Р включает в себя нижнюю цилиндрическую камеру *1*, верхнюю цилиндрическую камеру *3*, между которыми установлена прокладка из войлока *2*, труба *14* и крышку *7*. В крышку *7* при помощи стакана установлены патрубки трубки *4* и *6*, которые можно регулировать по глубине опускания, благодаря стаканам с винтами. В трубу *14* приварен патрубок *13*.

Основные части напыляющей головки (НГ) – два аксиальных воздуховода. Наружный воздуховод через патрубок соединен патрубком *13* с помощью шланга *5*. Патрубок внутреннего воздуховода соединен с помощью шланга *12* с патрубком *4*.

Воздушный компрессор соединен с полостью подаваемого воздуха с нагревом *8*, в которой нагревается до температуры около 100°С, регулируемой с помощью термореле ТР.

Принцип действия данной установки следующий. Сжатый воздух от воздушного компрессора *11* подается в камеру предварительного нагрева *8*, который соединен с термореле *10*. Температура воздуха поддерживается в пределах 100°С. Затем нагретый воздух поступает

в нижнюю камеру *1*, проходит через воздухопроницаемую прокладку *2* и попадает в верхнюю полость *3*, где приводит находящейся в ней полимерный порошок в псевдоожиженное состояние.

В верхней части камеры *14* с помощью вакуумного насоса *9* создается разряжение. И в эту зону из атмосферы, проходя через наружный воздуховод напыляющей головки НГ и шланг 5, поступает воздух в верхнюю часть камеры *14*.

Когда напыляющая головка НГ приближается к поверхности нанесения полимера на расстояние 1 мм, перед нею возникает разряжение, вследствие чего полимерный порошок из верхней камеры *3* начинает поступать через патрубок *4* по шлангу *12* во внутреннюю полость напыляющей головки. После чего, полимерный порошок попадает на поверхность детали ПОВ, поверхность которого нагрета более 200°С, оплавляется на поверхности и соединяется силами адгезии. Те частицы, которые не успевают присоединиться к поверхности, попадают в наружную часть напыляющей головки. Оттуда, вместе с воздухом через шланг *5*, соединенным с аксиально расположенным патрубком, попадают в рабочую часть Р.

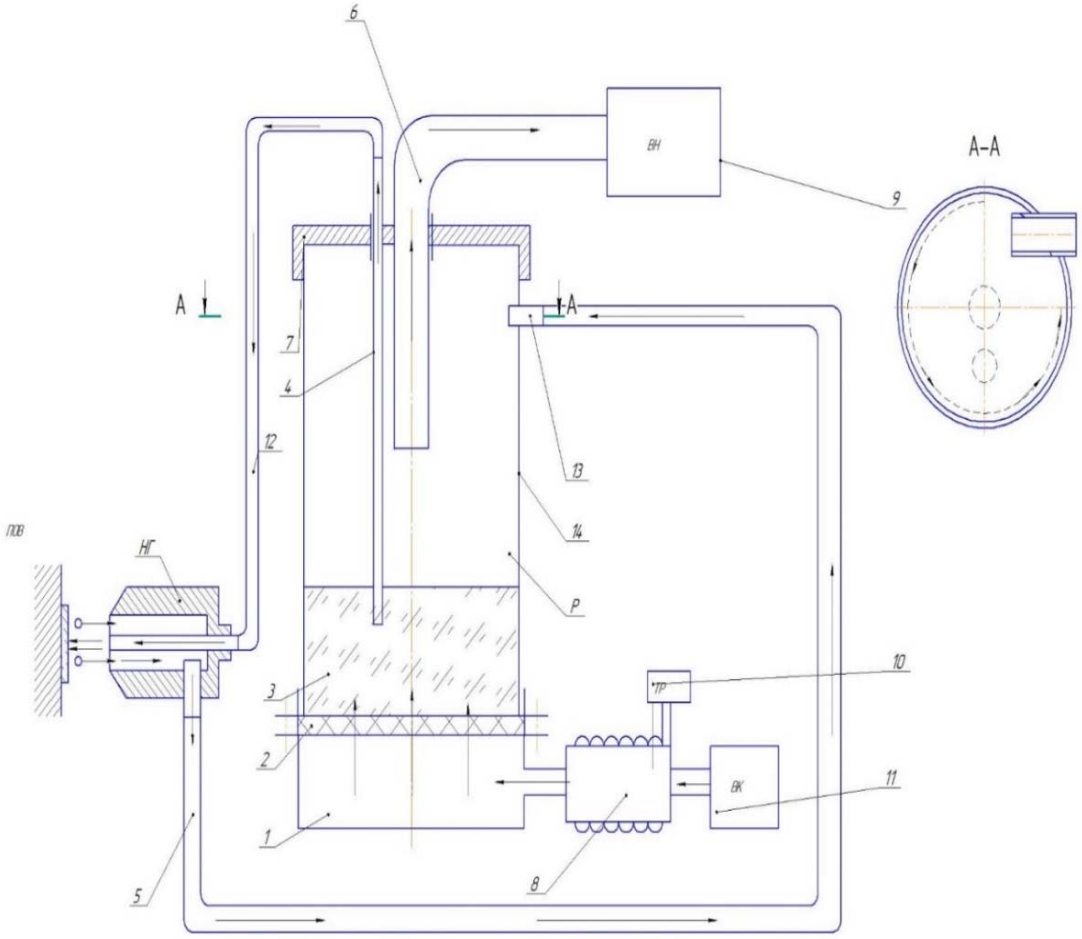


Рис. 1. Схема предлагаемой установки

Попадая в рабочую часть и двигаясь вдоль стенок, за счет центробежной силы частицы порошка отделяются от воздушного потока и оседают в порошковую смесь. Таким образом, не возникает потерь порошкового материала. Как только напыляющая головка НГ отодвигается от поверхности изделия на 3 мм, разряжение перед нею исчезает и процесс нанесения полимера прекращается.

Была спроектирована, изготовлена и апробирована напыляющая головка НГ (рис. 2). В целом установка применима в ремонтной практике, для восстановления изношенных участков детали.

Рис. 2. Напыляющая головка

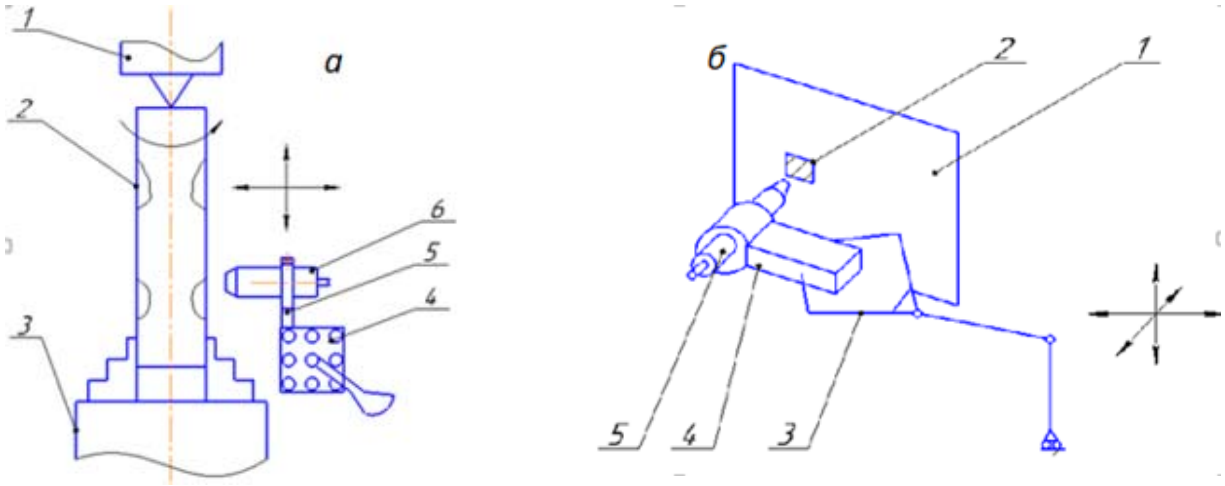


Рис. 3. Применение установки для восстановления поврежденных участках.
а) на станках с ЧПУ: 1 – центр токарного станка, 2 – восстанавливаемые поверхности вала, 3 – 3х-кулачковый патрон, 4 – резцедержатель, 5 – держатель НГ, 6 – напыляющая головка НГ;
б) с помощью робота-манипулятора: 1 – поверхность изделия, 2 – нанесенное полимерное покрытие, 3 – робот-манипулятор, 4 – держатель НГ, 5 – напыляющая головка НГ

Например, изношенный вал нагревают до температуры около 200°С. Устанавливают в оправке напыляющую головку НГ на токарном станке (рис. 3, *а*). Вал может быть изношен как по все длине, так и на отдельных участках. Данная установка позволяет восстановить любые и в любом месте повреждений. Также похожий принцип реализуем, когда вместо резцедержателя используется рука робота (рис. 3, *б*). Этот процесс можно автоматизировать, так как для его работы достаточно написать программу, по которой он будет работать.

Таким образом, в результате работы, предложена принципиально новая безотходная технология нанесения полимера на металлические поверхности, реализующая принцип аддитивности, т.е. запрограммированного управления толщиной полимерного слоя и координатами его формирования. Разработана принципиальная схема установки и принцип ее применения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. С.А. Иваньков. Прогнозирование работоспособности узлов трения с полиамидными покрытиями: дисс. канд. тех. наук / С.А. Иваньков.

2. А.В. Кущенко. Повышение долговечности и ремонтопригодности узлов машин с помощью полимерных материалов: дисс. канд. тех. наук / А.В. Кущенко.

3. Способы нанесения полимерных покрытий [Электронный ресурс]: Leksii.org – Электрон. Текстовые дан. – Режим доступа: http://lektsii.org/8-41757.html, свободный.

4. Генель С.Б., Белый В.А., Булгаков В.Я., Гехтман Г.А. Применение полимерных материалов в качестве покрытия. – М.: Химия, 1968. – 238 с.

5. Полякова К.К., Пайма В.И. Технология и оборудование для нанесения порошковых полимерных покрытий. – М.: Машиностроение, 1972. – 136 с.

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ, НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

УДК 621.376

В.А. Хмельницкий, Е.А. Щербинина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ РАДИОМОНИТОРИНГА

Одной из основных задач станций современных систем радиомониторинга является обнаружение различных сигналов в заданной полосе частот. При обнаружении неизвестных сигналов возникает задача определения типа модуляции для возможности последующей демодуляции. Кроме того, данная задача актуальна в системах когнитивного радио, когда радиосистема корректирует свои параметры в зависимости от состояния канала. Так, например, системой могут выбираться различные виды модуляции в зависимости от помеховой обстановки [1, 2]. Поскольку такие системы обычно работают в режиме реального времени, представляет интерес снижение влияния операторов и повышение автоматизации в процессе решения данной задачи посредством алгоритмов автоматического определения модуляции [1, 3–6]. Такие алгоритмы можно разделить на следующие подгруппы: алгоритмы, основанные на методе максимального правдоподобия и параметрические алгоритмы.

Алгоритмы, основанные на методе максимального правдоподобия, показывают наилучший в смысле вероятности верного решения результат, однако требуют значительных вычислительных затрат и поэтому на данный момент не реализуемы на современной программируемой элементной базе в режиме реального времени [1]. Параметрические алгоритмы ценой некоторого снижения эффективности требуют гораздо меньших вычислительных затрат, поэтому лучше подходят для реализации на практике.

Работу параметрических алгоритмов можно разделить на два этапа. На первом этапе вычисляются некоторые параметры сигнала, характерные для того или иного типа модуляции. На втором этапе тем или иным образом принимается решение о типе модуляции на основании параметров, вычисленных на первом этапе. Так, к параметрическим методам в зависимости от алгоритма принятия решения можно отнести метод сравнения параметров с пороговыми значениями (метод на основе дерева решений) и различные методы машинного обучения, такие как: мультиклассовый метод опорных векторов (MSVM) [7], метод k-ближайших соседей [8], искусственные нейронные сети (ИНС, ANN) [3, 5, 7] и др. В [7] показано, что метод опорных векторов характеризуется низкой эффективностью при обработке записей реальных сигналов. Метод k-ближайших соседей для своей работы требует наличия заранее определенной выборки объектов, по которым производится классификация, что нецелесообразно в условиях ограниченных ресурсов. Использование нейросетей подразумевает необходимость в обучении на выборках большого объема, что требует значительных вычислительных ресурсов и времени. Однако, обучение может выполняться единожды, и при удовлетворительном результате возможно использование спроектированной нейросети на любой платформе. С другой стороны, недостатком методов сравнения с пороговыми значениями является последовательный ход сравнений параметров, а не их анализ «в целом». В [3, 5, 7], получены вероятности верного определения основных аналоговых (AM, DSB, SSB, FM) видов модуляции для различных структур ИНС, однако не приведено сравнение с методом на основе дерева решения, обладающим простотой при реализации на программируемой элементной базе. Таким образом, представляет интерес сравнение

указанных методов принятия решения по критерию вероятности верного определения типа модуляции в одинаковых условиях в некотором диапазоне отношений сигнал/шум.

Целью работы является сравнительный анализ эффективности метода автоматического распознавания вида модуляции сигналов на основе дерева решений с методом, использующим искусственные нейронные сети, с учетом особенности их реализации на современной программируемой элементной базе в системах реального времени.

Рассмотрим параметрический алгоритм распознавания модуляции, в котором после вычисления временных и спектральных параметров решение принимается методом сравнения последних с некоторыми пороговыми значениями. Данный алгоритм способен различить следующие виды аналоговых модуляций: AM, DSB, LSB, USB, LVSB, UVSB, FM, и комбинированный случай AM + FM. Для различения представленных типов модуляций необходимо вычислить четыре наиболее чувствительных к изменениям отношения сигнал/шум (ОСШ) ключевых параметра:

1. Максимальное значение спектра нормированной центрированной комплексной огибающей сигнала

$$\gamma_{max} = max\left|\sum_{k=0}^{N_s-1} a_{cn}[k]e^{-jkn\frac{2\pi}{N_s}}\right|/N_s, \quad (1)$$

$$a_{cn}[k] = a_n[k] - 1\ ,\ a_n[k] = \frac{a[k]}{m_a}\ ,\ m_a = \frac{1}{N_s}\sum_{k=0}^{N_s-1} a[k],$$

где N_s – число отсчетов обрабатываемого сигнала, $a[k]$ – отсчеты комплексной огибающей сигнала

2. Среднеквадратическое отклонение (СКО) абсолютных значений мгновенной центрированной фазы

$$\sigma_{ap} = \sqrt{\frac{1}{C}\left(\sum_{a_n[i]>a_t}\phi_{NL}^2[i]\right) - \left(\frac{1}{C}\sum_{a_n[i]>a_t}|\phi_{NL}[i]|\right)^2}. \quad (2)$$

3. СКО мгновенной центрированной фазы

$$\sigma_{dp} = \sqrt{\frac{1}{C}\left(\sum_{a_n[i]>a_t}\phi_{NL}^2[i]\right) - \left(\frac{1}{C}\sum_{a_n[i]>a_t}\phi_{NL}[i]\right)^2}. \quad (3)$$

где ϕ_{NL} – центрированная мгновенная фаза без линейной компоненты в моменты времени, $t = \frac{i}{f_s}$, C – количество отсчетов, для которых выполняется $a_n[i] > a_t$, где a_t – некое пороговое значение амплитуды. В случае если $a_n[i] < a_t$, значение фазы, соответствующее данному моменту времени, не участвует в расчете.

4. Симметрия спектра

$$P = \frac{P_L - P_U}{P_L + P_U}\ ,\ P_L = \sum_{i=0}^{f_{cn}-1}|X_c[i]|^2\ ,\ P_U = \sum_{i=0}^{f_{cn}-1}|X_c[i + f_{cn} + 1]|^2,$$

где $X_c[i]$ – спектральные составляющие анализируемого сигнала, f_{cn} – номер гармоники, соответствующей центральной частоте.

Подобный же подход можно распространить на цифровые виды модуляции. Рассмотрим алгоритм, способный различить следующие виды модуляций: ASK2, ASK4, PSK2 (BPSK), PSK4 (QPSK), FSK2, FSK4. Для данного алгоритма целесообразно выбрать описанные выше три ключевых параметра (γ_{max}, σ_{ap},σ_{dp}) , а также еще два дополнительных параметра:

1. Четвертый параметр имеет смысл СКО абсолютных значений нормированной центрированной мгновенной амплитуды и выражается как

$$\sigma_{aa} = \sqrt{\frac{1}{N_s}\left(\sum_{i=0}^{N_s-1} a_{cn}^2[i]\right) - \left(\frac{1}{N_s}\sum_{i=0}^{N_s-1}|a_{cn}[i]|\right)^2}.$$

2. Пятый параметр имеет смысл СКО абсолютных значений нормированной центрированной мгновенной частоты и выражается как

$$\sigma_{af} = \sqrt{\frac{1}{C}\left(\sum_{a_n[i]>a_t} f_n^2[i]\right) - \left(\frac{1}{C}\sum_{a_n[i]>a_t}|f_n[i]|\right)^2},$$

где $f_n = \frac{f_m[i]}{\frac{f_s}{2}} \cdot \pi$, $f_m[i] = f[i] - m_f$, $m_f = \frac{1}{N_s}\sum_{i=0}^{N_s-1} f[i]$.

Этап принятия решения о конкретном типе модуляции заключается в сравнении ключевых параметров с некоторыми пороговыми значениями [2], поскольку для разных типов модуляции характерны различные значения данных параметров. На основании этих сравнений выносится решение о типе модуляции. На рис. 1 показаны зависимости значений параметров (γ_{max}, σ_{ap}, σ_{dp}, P) от ОСШ на отсчет сигнала для исследуемых аналоговых видов модуляции, полученные в ходе моделирования алгоритмов. Для получения указанных зависимостей генерировались сигналы указанных типов модуляции в указанном диапазоне ОСШ и для каждого из них вычислялись описанные выше параметры.

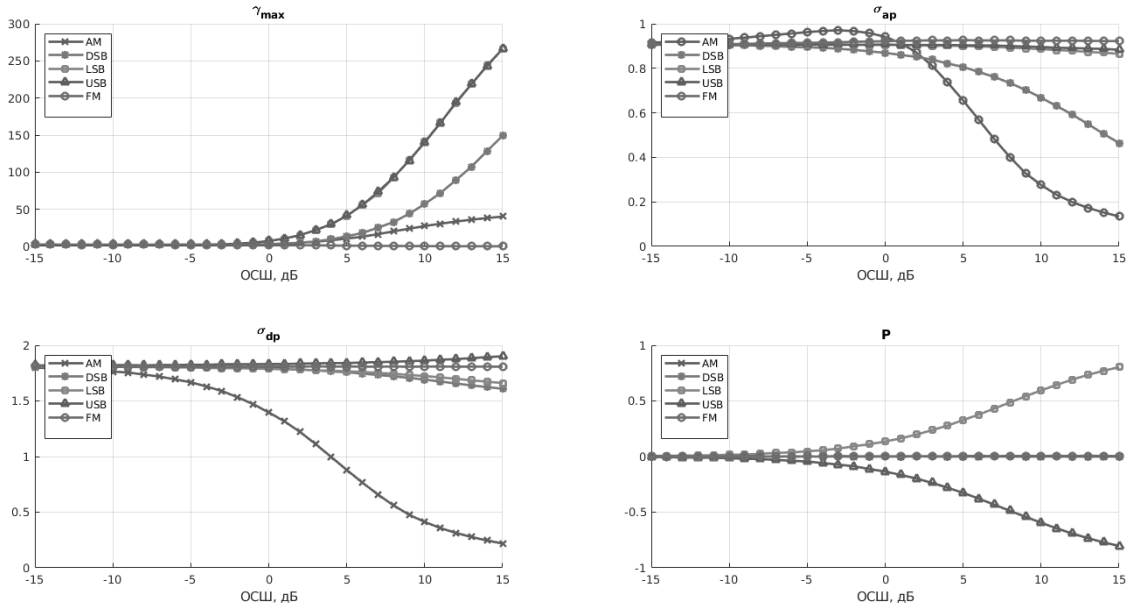


Рис. 1. Значения ключевых параметров при различных ОСШ

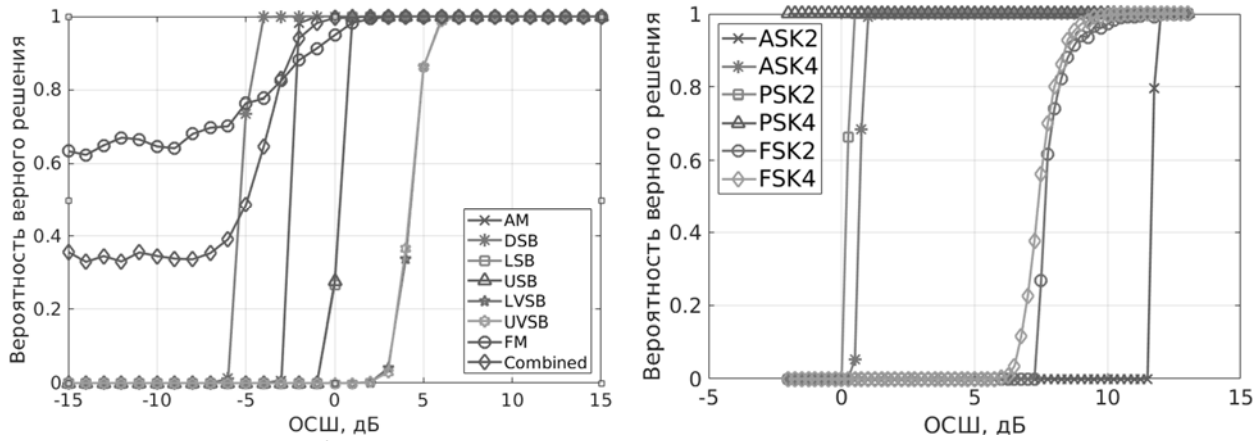


Рис. 2. Вероятности принятия алгоритмом верного решения

Для исследования работоспособности алгоритмов в среде MatLab реализована статистическая модель, позволяющая получить вероятности принятия алгоритмами верного решения. На рис. 2 показаны вероятности принятия алгоритмом верного решения в зависимости от отношения сигнал/шум для каждого типа исследуемой модуляции.

Особенностью данного алгоритма являются “жесткие” решения в пользу той или иной модуляции. В этом случае теряется информация о возможности наличия модуляции, отличной от распознанной. Исключить данную особенность предлагается путем анализа сигнала на основе кадров фиксированной длинны. Таким образом, алгоритмом будут приниматься “жесткие” решения по каждому кадру сигнала, а затем рассчитываться некоторые весовые коэффициенты в зависимости от числа кадров, соответствующих той или иной модуляции. Можно ввести понятие весового коэффициента как $W_k = \frac{d_k}{N_f}$, где N_f – кол-во кадров, d_k – кол-во решений в пользу k-того типа модуляции.

Тогда на выходе алгоритма можно получить совокупность весовых коэффициентов для каждого типа модуляции и решить проблему частичной потери информации при жестких решениях алгоритма. Кроме того, такой режим предпочтительнее при работе в реальном времени, поскольку нет необходимости в накоплении и анализе всего сигнала целиком, что для длительных сигналов весьма трудоемко с точки зрения ресурсов памяти.

Второй метод, реализованный в модели, основан на использовании искусственных нейронных сетей (ИНС) при принятии решения. Процесс обучение ИНС состоит из следующих этапов: подготовка обучающей выборки (данных и целей), собственно обучение ИНС одним из возможных методов, и тестирование ИНС на выборке, не участвующей в обучении. Процесс подготовки обучающей выборки заключается в генерации случайного значения ОСШ в некотором диапазоне и соответствующих реализаций с указанными ранее типами модуляций, а также в последующем вычислении ключевых параметров для данных реализаций. В качестве целей обучения указывается заранее известный тип модуляции. Генерация обучающей выборки производилась 10^3 раз для каждого типа модуляции. В качестве метода обучения в работе используется метод обратного распространения ошибки. Активационная функция на всех слоях ИНС – гиперболический тангенс. На рис. 3 показаны вероятности принятия верного решения алгоритмом различения аналоговых модуляций в зависимости от ОСШ для метода, использующего нейронные сети по сравнению с методом на основе дерева решений.

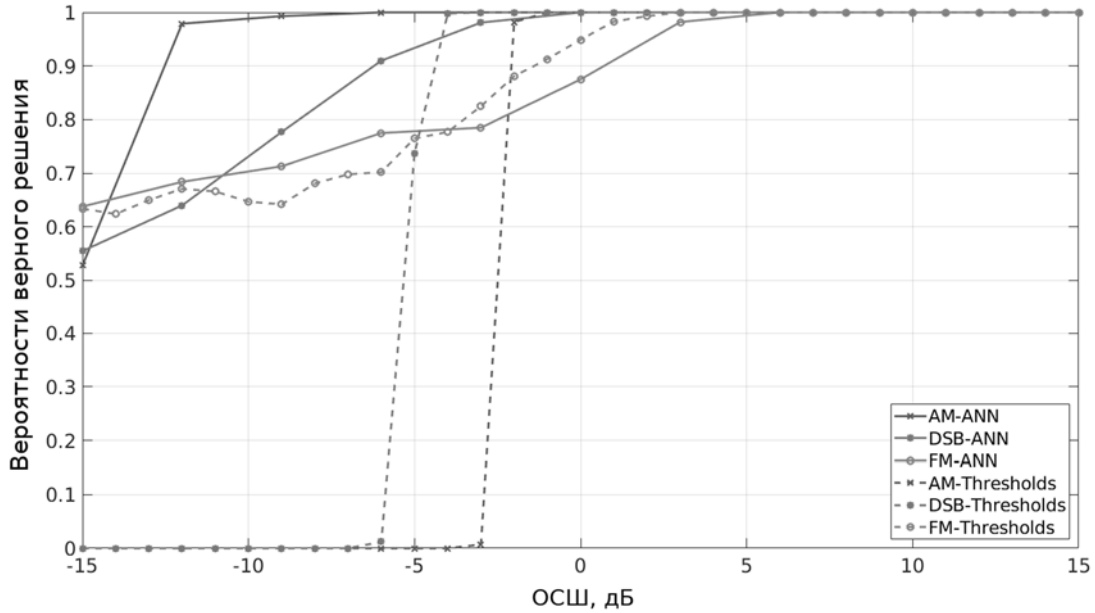


Рис. 3. Вероятность принятия алгоритмом различения аналоговых модуляций верного решения для метода сравнения с порогами и метода на основе ИНС

Из приведенных зависимостей следует, что ИНС показывают лучшие результаты в области более низких значений ОСШ в сравнении с пороговыми методами принятия решения.

В частности, для АМ выигрыш в ОСШ при одинаковой вероятности по уровню 0.9 составляет 10 дБ, для DSB — 2 дБ. Однако для FM ИНС показывают меньшие значения вероятностей верного решения при ОСШ более -5дБ.

В ходе работы была проведена оценка примерного количества требуемых указанными алгоритмами операций умножения и сложения для вычисления ключевых параметров при реализации на программируемой элементной базе приведено в табл. 1.

Таблица 1. Количество требуемых операций для вычисления ключевых параметров

Тип \ Операции	БПФ (кол-во x размер)	Модуль компл.	Умножение	Деление
Аналоговый	$\sim 2 \times N_s$	$\sim 4N_s$	$\sim 4N_s$	$\sim 2N_s$
Цифорвой	$\sim 1 \times N_s$	$\sim 4N_s$	$\sim 4N_s$	$\sim 3N_s$

Таким образом, анализируя результаты, становится ясно, что выбор того или иного метода принятия решения при работе с параметрическими алгоритмами определяется рабочим диапазоном значений ОСШ. Так, при работе в диапазоне ОСШ от 0 дБ и выше алгоритм дерева решений показывает удовлетворительные результаты и ничем не уступает ИНС, при этом требует меньшего количества вычислительных ресурсов. С другой стороны, если рабочий диапазон ОСШ оказывается ниже 0 дБ, ИНС позволяют получить значительный выигрыш в точности определения модуляции, хоть и характеризуются большим числом требуемых математических операций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zhechen Zhu, Asoke K. Nandi, Automatic modulation classification: principles, algorithms, and applications, Wiley, 2015.

2. Cognitive radio communications and networks: principles and practice. I. Wyglinski, Alexander M. II. Nekovee, Maziar. III. Hou, Y. Thomas. TK5103.4815.C63, 2010.

3. E.E. Azzouz and A.K. Nandi, Automatic Modulation Recognition of Communication Signals, Kluwer Academic Publishers, 1996.

4. С.С. Аджемов, Н.В. Кленов, М.В. Терешонок, Д.С. Чиров, Методы распознавания видов цифровой модуляции сигналов в когнитивных радиосистемах, ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2015. № 6, с. 19–27.

5. Engin Avci, Performance comparison of wavelet families for analog modulation classification using expert discrete wavelet neural network system, Expert Systems with Applications 33 (2007).

6. H. Guldemir, A. Sengur, Online modulation recognition of analog communication signals using neural network, Expert Systems with Applications 33 (2007) 206–214.

7. Павлов В.А., Завьялов С.В., Волвенко С.В. Особенности реализации классификатора сигналов с аналоговой модуляцией с помощью нейронных сетей, СПбПУ.

8. Mucherino A., Papajorgji P.J., Pardalos P.M. (2009) k-Nearest Neighbor Classification. In: Data Mining in Agriculture. Springer Optimization and Its Applications, vol. 34. Springer, New York, NY.

УДК 535.36, 004.02

Э.К. Непомнящая, А.Н. Скворцов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОД РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ В ЛАЗЕРНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Введение. В различных физико-химических методах исследования, часто возникает задача разложения экспериментально измеренной величины в сумму или интеграл по экспонентам с разными коэффициентами в показателе:

где x – измеряемая величина; t – независимая переменная, обычно – время; Γ – коэффициент показателя экспоненты; $A(\Gamma)$ или a_k – искомая плотность распределения коэффициентов показателей; e – неопределенность измерений. В качестве примеров можно привести кинетические исследования [1], анализ метастабильных состояний в флуоресценции, определение времен корреляции в лазерной корреляционной спектроскопии (ЛКС) [2–4].

Обычно данная задача решается с помощью регуляризованного по Тихонову линейного метода наименьших квадратов (МНК) [5]. При многих достоинствах линейный МНК имеет ряд ограничений, в основном связанных с тем, что исходная задача заменяется содержащей заведомо избыточное число параметров a_k. С другой стороны, прямая нелинейная МНК-оптимизация вида $A(\Gamma)$ наталкивается на сложности в связи с «плохими» свойствами целевой функции, а также с тем, что вид $A(\Gamma)$ чаще всего априорно неизвестен. Одним из возможных решений является проведение прямой оптимизации с помощью эвристических алгоритмов глобального поиска, например, метода роя частиц. Некоторые модификации этого алгоритма, наряду с поиском оптимального решения, дают возможность оценивать его устойчивость [6].

Цель, задачи и методы исследования. Целью настоящей работы является проверка применимости метода роя заряженных частиц для прямой оценки распределения времен автокорреляции и устойчивости найденных решений в задачах ЛКС.

Для этого проведен сравнительный анализ оценок $A(\Gamma)$ из экспериментальных кривых автокорреляции, полученных в экспериментах по ЛКС суспензии полистирольных частиц в воде, и модельных кривых со схожими характеристиками. Детали эксперимента по ЛКС приведены в работе [7]. Для оценки $A(\Gamma)$ использовали (1) МНК с регуляризацией Тихонова (TR, референсный метод); (2) МНК-оптимизация суммы небольшого количества экспонент с подбором Γ_k с квадратичной штрафной функцией за отрицательные значения a_k с помощью алгоритма Левенберга–Марквардта (LM); (3) МНК-оптимизация $A(\Gamma)$ методом роя заряженных частиц в реализации, описанной в работе [6] (cPSO). В последнем подходе $A(\Gamma)$ аппроксимировалась суммой равномерных (прямоугольных) распределений с последующим аналитическим вычислением интеграла $x(t)$.

Результаты. В первой части работы анализировались экспериментальные данные о рассеянии на монодисперсной суспензии микросфер с радиусом 75 нм в дистиллированной воде. Оцененные распределения плотности приведены на рис. 1. Кривая автокорреляции рассчитывалась из серии экспериментальных повторов, что позволило сравнить регрессионные остатки с оценкой экспериментальной неопределенности – среднеквадратичным отклонением в серии. Восстановленные плотности содержат один основной пик, что соответствует монодисперсности суспензии. Оценки моды распределения Γ) составили 2100 Гц по методу TR и 2136±8 по методу LM. Основной прямоугольный пик оптимального распределения соответствовал 2120-2150 Гц, при этом распределения отдельных частиц перекрывали диапазон 1990-2250 Гц. Следует отметить, что профили для отдельных частиц роя cPSO, изображенные на рис. 1 серыми кривыми, представляют собой равноправные статистически неотличимые от оптимума пробные решения (что видно из кривых на графике остатков); они показывают устойчивость решения, а не его детализацию. Расчетное значение моды Г для частиц радиуса 75 нм составляет 1900 Гц, таким образом, все используемые методы дают хорошие результаты.

В то же время при прямом моделировании функции плотности было необходимо включение в модель «быстрых» экспонент с большими значениями Γ, их смысл в рамках поставленной задачи на данном этапе неясен. Метод LM оценивает вклад такой экспоненты 7 кГц) в 3,5%, cPSO дает оценки в 3–4%. При этом, оценка параметров «быстрой» экспоненты является неустойчивой, важно только ее наличие, что хорошо демонстрирует метод cPSO.

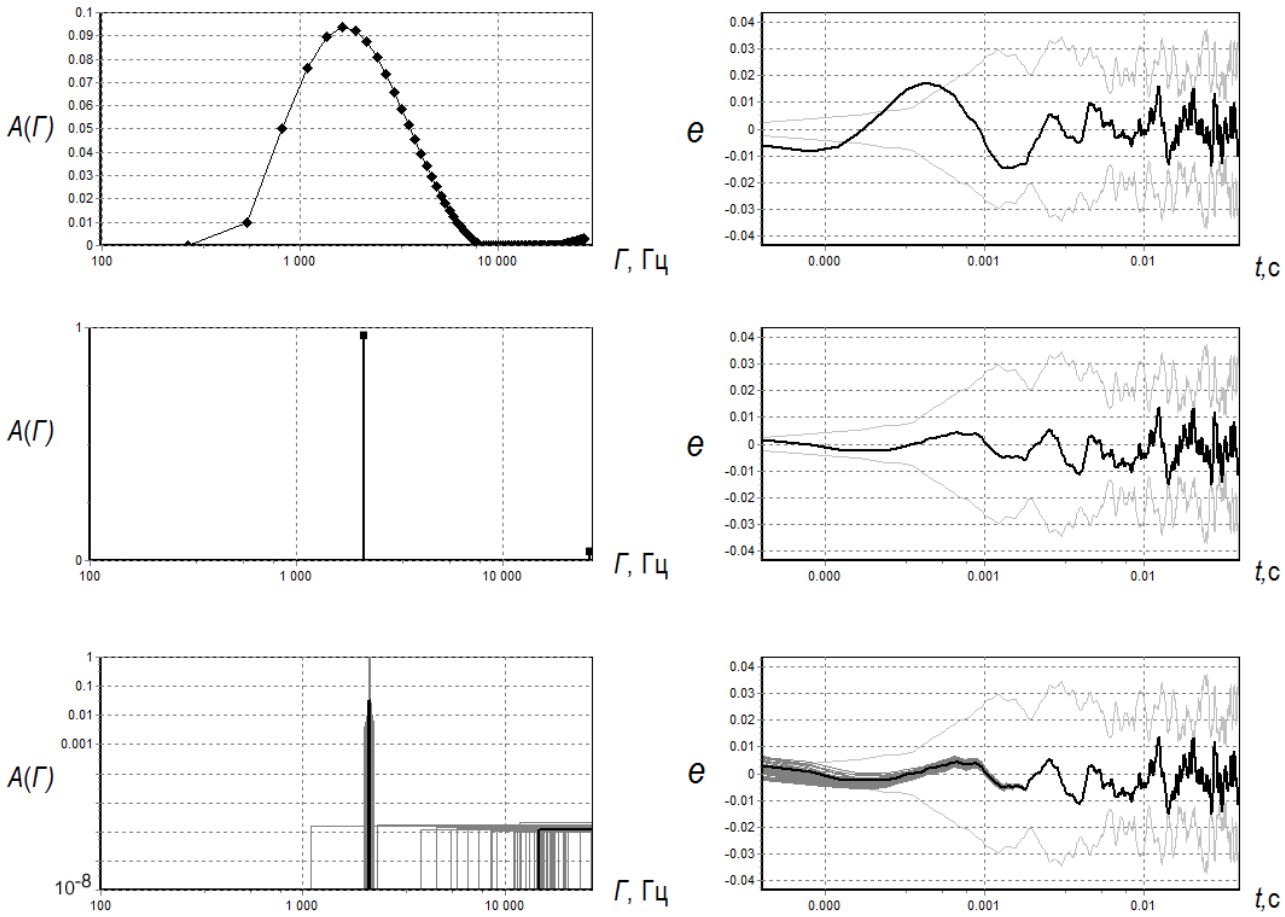


Рис. 1. Слева: результаты оценки плотности $A(\Gamma)$ и регрессионные остатки для кривых автокорреляции, полученных в эксперименте по ЛКС водной дисперсии латексных микросфер с радиусом 75 нм методами TR, LM (сумма двух экспонент) и cPSO (сумма двух прямоугольных распределений). Справа: регрессионные остатки для данных разложений, тонкими кривыми показано среднеквадратичное отклонение в серии измерений

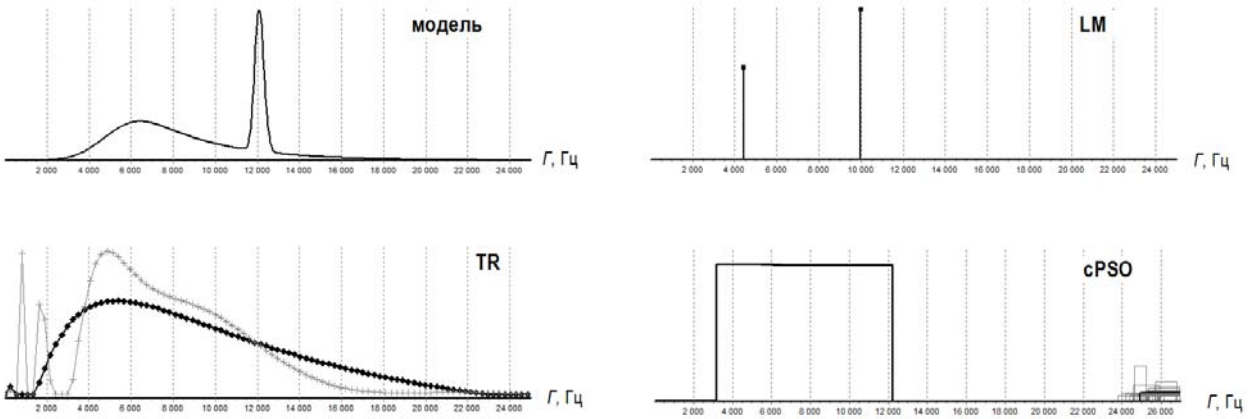


Рис. 2. Восстановление $A(\Gamma)$ по кривой автокорреляции, рассчитанной по заданной (модельной) плотности распределения; соотношение сигнал/шум в модельной кривой автокорреляции 10^{-4}. Для метода TR показаны плотности при оптимальных (черная кривая) и субоптимальном (серая кривая) значения регулятора

Во второй части работы мы сравнили способности вышеперечисленных методов восстанавливать $A(\Gamma)$ по автокорреляционной кривой, построенной по известной функции плотности. Модельная функция плотности и результаты ее восстановления различными

методами приведены на рис. 2. Данная модельная функция является сложной для анализа, что подтвердилось при вычислении оценок. Метод RT правильно восстанавливает форму широкого пика $A(\Gamma)$ с высокой степенью достоверности при всех проверенных отношениях сигнал/шум, но узкий пик при значениях ~12 кГц не восстанавливается. Ручным подбором регулятора можно обнаружить его присутствие, однако данных подход субъективен. Метод LM хорошо описывает автокорреляцию суммой двух экспонент, но их значения Γ плохо соответствуют параметрам исходного распределения. При оптимизации суммы прямоугольных плотностей (на рис. 2 – три слагаемых) методом cPSO отдельные слагаемые уходят на описание формы широкого пика. Малый пик не описывается, также присутствуют «быстрые» экспоненты, описывающие шум.

В данном случае неудача обусловлена чрезмерно упрощенной прямоугольной формой одного слагаемого. Отметим, что использование метода LM для прямой оптимизации суммы прямоугольных распределений в большинстве случаев было невозможно из-за ошибок в оценке производных, или приводило в ложные минимумы. Напротив, оптимизация суммы экспонент с помощью cPSO эффективна и приводит к тем же результатам, что и метод LM.

Выводы. Продемонстрирована применимость методов глобальной прямой оптимизации для восстановления плотности автокорреляционной функции в задачах ЛКС с эффективностью, сопоставимой с методом регуляризации Тихонова. Роевая оптимизация имеет определенное преимущество перед локальными методами, например, LM, так как не опирается на предположения о гладкости и выпуклости оптимизируемой суммы квадратов остатков, в ней проще вводить ограничения на неотрицательность Γ и $A(\Gamma)$, чем в методе регуляризации Тихонова. При этом не требуется вычисления производных и поиска обратных матриц. Недостатком является стохастический характер сходимости, которая на практике, как правило, по скорости проигрывает детерминистическим методам. Для применения cPSO для прямого поиска модели автокорреляционной функции в задачах ЛКС большое значение имеет оптимальная параметризация этой модели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кирина-Лилинская Е.П., Орлов Ю.Н., Федоров С.Л., Метод базисных паттернов в анализе нестационарных временных рядов // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша, 2016, 007: 20.

2. Stetefeld, J. and A. Sean, Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences // Biophys Rev. 2016. 8: 409-427.

3. Shalaev P.V., Kurilova U.E., Dolgushin S.A., Kopicin D.S. The study of the geometric parameters and zeta potential of gold nanorods and nanostars based on light scattering methods // Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE 8. Сер. "Medical Laser Applications and Laser-Tissue Interactions VIII" 2017. С. 104170A.

4. Величко Е.Н., Непомнящая Э.К., Аксенов Е.Т. Модификация лазерного корреляционного спектрометра для анализа биологических жидкостей // Ученые записки Казанского университета. Сер. Физ.-матем. науки. 2018. №1. С. 5-60.

5. Nepomniashchaia E.K., Velichko E.N., Aksenov E.T. Solution of the laser correlation spectroscopy inverse problem by the regularization method // Университетский научный журнал. 2015. 13: 13–21.

6. Skvortsov A.N. Estimation of rotation ambiguity in multivariate curve resolution with charged particle swarm optimization (cPSO-MCR) // Journal of Chemometrics. 2014. 28 (10): 727–739.

7. Nepomnyashchaya E., Velichko E., Aksenov E. Inverse problem of laser correlation spectroscopy for analysis of polydisperse solutions of nanoparticles // Journal of Physics: Conference Series. 2016. 769. (1): 012025.

УДК 524.354.6

Н.Н. Щечилин[1], А.И. Чугунов[2]
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
ФТИ им. А.Ф. Иоффе

НЕРАВНОВЕСНЫЙ ЯДЕРНЫЙ СОСТАВ КОРЫ АККРЕЦИРУЮЩЕЙ НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЫ

Введение. В мягких рентгеновских транзиентах происходит перетекание вещества с маломассивной звезды ($\approx M_\odot$), заполняющей свою полость Роша, на компактный объект с образованием аккреционного диска. Из-за нестабильностей в аккреционном диске [1] аккреция идет нестационарно. Если компактным объектом является нейтронная звезда (НЗ), то аккрецированное вещество постепенно замещает равновесную кору нейтронной звезды. Кору традиционно разделяют на две части: внешняя ($\rho < \rho_{drip} \approx 4\cdot10^{11}$ г/см^3) – до появления свободных нейтронов, где ионная кристаллическая решетка погружена в море вырожденных релятивистских электронов и внутренняя ($\rho < 2\cdot10^{14}$ г/см^3 – ядерная плотность), где образуются несвязанные в атомных ядрах нейтроны (энергия отделения части нейтронов становится отрицательной). Элементы внешних слоев, погружаясь внутрь НЗ (вследствие давления вновь прибывшего вещества), начинают вступать в ядерные реакции. При этом в ходе ядерных реакций выделяется энергия, подогревающая НЗ до температур, регистрируемых космическими рентгеновскими телескопами [2]. Тем не менее вещество в аккрецированной коре не нагревается выше 0.8 ГК, что недостаточно для протекания термоядерных реакций из-за большой высоты кулоновских барьеров. В результате состав коры аккрецирующей НЗ существенно отличается от равновесного ядерного состава, соответствующего минимуму плотности энергии материи. Данная работа следует широко используемой модели [3, 4] расчета состава коры аккрецирующей НЗ, расширяя ее за счет снятия упрощающего предположения об однокомпонентных слоях вещества фиксированного давления.

Цель работы – с помощью компьютерного моделирования получить состав и построить уравнение состояния внутренней коры аккрецирующей НЗ, необходимые для интерпретации наблюдательных данных.

Результаты. В ходе работы была воспроизведена модель [3, 4], где слой вещества с постоянным давлением представлен одним сортом ядер. При повышении давления я́дра испытывают ядерные реакции: захват электронов, испускание нейтронов и пикноядерные слияния. Пороги реакций рассчитываются из условия равенства свободной энергии Гиббса, приходящейся на ячейку Вигнера-Зейтца с исходным числом нейтронов (A-Z), протонов Z в ядре и свободных нейтронов N_n и конечными значениями A', Z', N_n' в дочерней ячейке. Поскольку температура в коре много меньше характерных температур Ферми, можно пренебречь тепловым вкладом в термодинамические потенциалы. Для вычисления масс ядер используется модель [5], учитывающая влияние свободных нейтронов на энергию ядра во внутренней коре НЗ, но позволяющая рассматривать только переходы из основного состояния атомного ядра в основное состояние дочернего ядра. Исходя из различных режимов горения вещества в оболочке НЗ, аналогично [4], было взято два варианта начального состава: ^{56}Fe (соответствует сверхвыспышке) и ^{106}Pd (рентгеновская вспышка первого типа).

Далее был произведен переход к более реалистичному многокомпонентному составу вещества (при заданном давлении слой вещества представлен различными сортами ядер), где в дополнении описанным реакциям добавлялась реакция захвата свободных нейтронов. Переход осуществлялся посредством постепенного вступления ядер определенного слоя в реакцию заданными порциями, в отличие от [3, 4], где все ядра вступали в реакцию одновременно. В данной работе порция $\alpha = 0.1$ общего количества ядер. Для упрощенного описания кинетики предполагалось, что для характерных скоростей реакции выполняется

соотношение: $\nu_{strong} >> \nu_{weak} >> \nu_{pycn}$, где ν_{strong}, ν_{weak} – характерная скорость реакции сильного и слабого взаимодействия соответственно, ν_{pycn} – скорость пикноядерного слияния. Также была использована зависимость скорости реакции от концентрации вещества, вступающего в реакцию: $\nu_{reac} \sim n_A$. Пикноядерные реакции вводились согласно работе [4]. Таким образом, для моделирования ядерной эволюции каждому типу атомных ядер последовательно предлагались: (a) испускание нейтрона, (b) испускание 2 нейтронов, (c) захват нейтрона, (d) захват 2 нейтронов, (e) захват электрона, (f) пикноядерная реакция. Если реакция приводила к снижению свободной энергии Гиббса при постоянном давлении, считалось, что она прошла для доли α, далее происходил возврат к реакции (a). Свободная энергия Гиббса определялась с использованием формулы для полного давления, условия гидростатического равновесия ядра, уравнения равномерного распределения нейтронов и условия электронейтральности. Полная система уравнений соответственно:

$$\begin{cases} P = P_e(n_e) + P_l\left(Z_1, \dots, Z_k, A_1, \dots, A_k, n_{N_1}, \dots, n_{N_k}, \dots, n_1, \dots, n_k, X_1, \dots, X_k\right) + P_n(n_n); \\ P_{N_i}(n_i, A_i, Z_i) = P_n(n_n) + P_{surf_i}(n_i, n_n, A_i) + P_{coul_i}(n_e, A_i, n_i, Z_i); \\ N_n = \dfrac{n_n}{n_N}\left(1 - \sum_i V_{N_i} X_i \, n_N\right); \\ n_e = \sum_i Z_i n_{N_i}; \end{cases}$$

$$G_{cell} = \sum_i X_i \left(W_{N_i}\left(Z_i, A_i, n_i, n_{n_i}, n_{N_i}\right) + W_{l_i}\left(Z_i, A_i, n_i, n_{n_i}, n_{N_i}\right)\right) + \\ + \sum_i X_i V_{c_i} \left[E_e(n_e) + E_n(n_n)\left[1 - \frac{V_{N_i}}{V_{c_i}}\right] + P\right],$$

где Pe, E_e, E_n, P_n – давление и энергия электронов и нейтронов, P_l – давление кристаллической решетки, P_N – давления в ядре, P_{surf} – давление, связанное с поверхностным натяжением, P_{coul} – поправка к давлению из-за кулоновского отталкивания протонов в ядре, N_n – число свободных нейтронов на ядро, n_e – концентрация электронов, n_n – концентрация свободных нейтронов, n_N – концентрация ядер, V_c – объем ячейки Вигнера-Зейтца, n – концентрация нуклонов в ядре, V_{Ni} – объем ядра, W_{Ni} – энергия ядра, W_l – энергия кристаллической решетки, X_i – относительное количество ядер данного сорта, G_{cell} – энергия Гиббса ячейки Вигнера-Зейтца, i=1,2,3,...,k – нумерует сорта атомных ядер.

Во внешней коре отсутствуют свободные нейтроны, поэтому в ней протекают только реакции типа (e), и ее состав совпадает с результатом работы [4]. Эволюция состава внутренней коры с начальным элементом внешней коры – ^{56}Fe представлена на рис. 1. Скачки в количествах являются артефактом упрощенного описания кинетики. Точка появления свободных нейтронов сдвигается до большего давления ($\rho = 7.9 \cdot 10^{11}$ г/см^3) по сравнению с [3, 4], поскольку первые свободные нейтроны захватываются ядрами ^{56}Ar, не успевшими захватить электрон. Ядра постепенно вступают в реакцию и переход от одного сорта к другому сопровождается увеличением давления, что связано с изменением химических потенциалов нейтронов и электронов в ходе протекания реакции. Пикноядерные реакции проходят постепенно на протяжении определенного интервала давлений, в отличии от [3, 4], где все ядра одновременно вступают в реакцию пикноядерного слияния. На протяжении всей эволюции состава среднее число протонов в ядрах многокомпонентного состава оказывается меньше, чем в работах [3, 4]. Изменения касаются и уравнения состояния вещества, в частности его смягчения в области, выделенной на рис. 2 цветом.

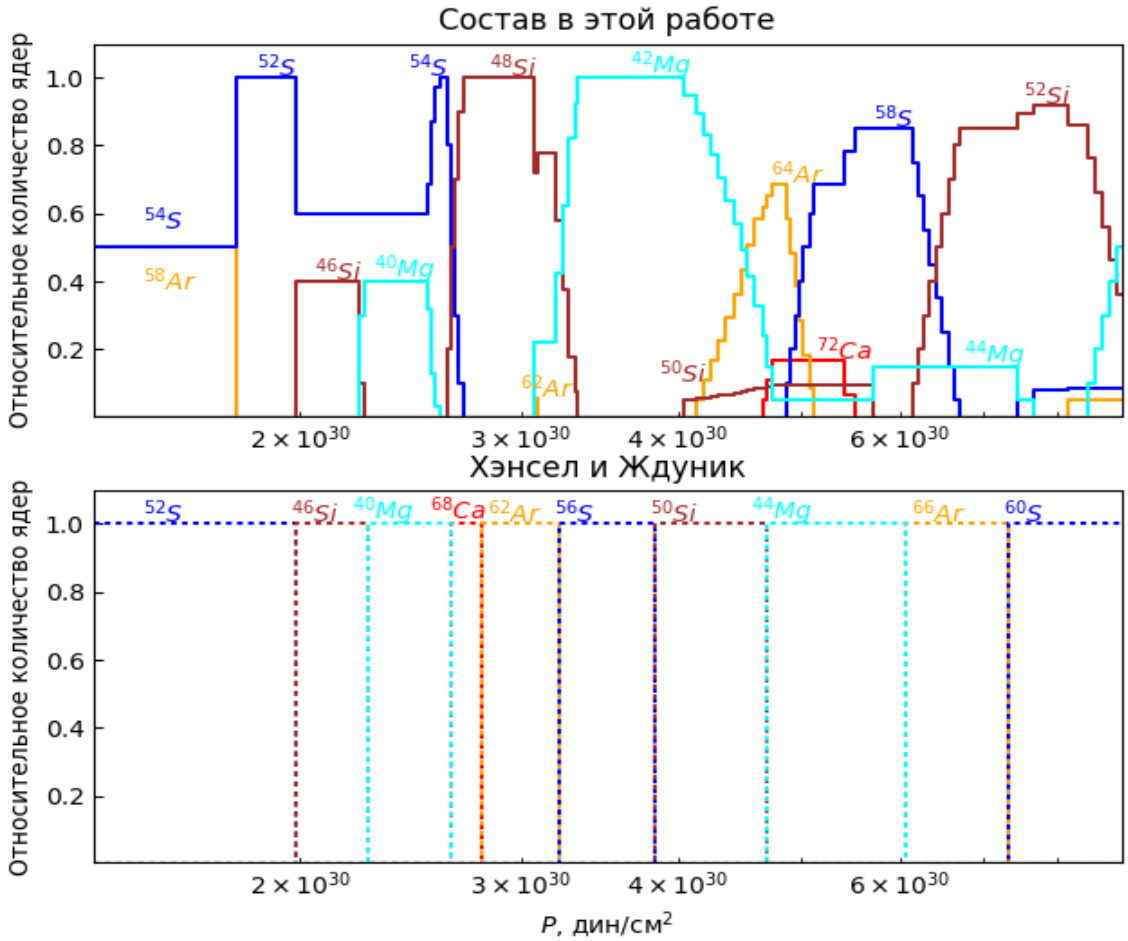


Рис. 1. Зависимость состава внутренней коры аккрецирующей НЗ от давления в многокомпонентной модели в сравнении с [4]. Подписи элементов обозначают самый распространенный изотоп при данных давлениях, относительное количество – сумма по всем изотопам. Исходный элемент – ^{56}Fe.

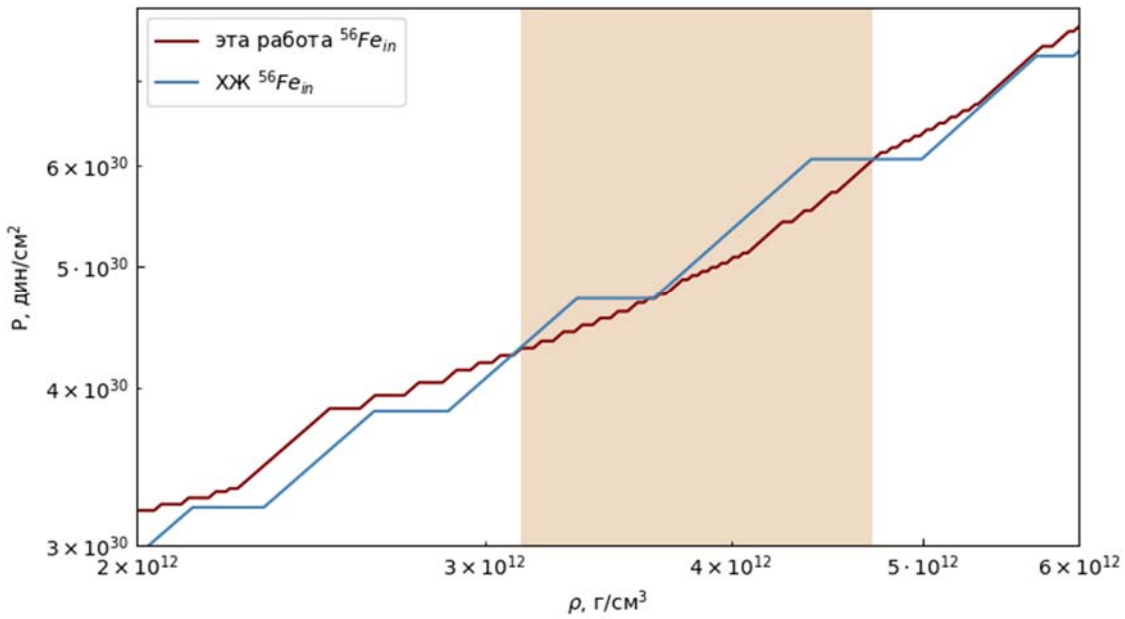


Рис. 2. Смягчение уравнения состояния внутренней коры аккрецирующей НЗ. ХЖ – воспроизведение работы [4]

На рис. 3 представлена эволюция с более тяжелым начальным элементом внешней коры – ^{106}Pd. Характер протекания реакций аналогичен процессам, происходящим в эволюции с исходным изотопом железа 56. После протекания первых пикноядерных реакций состав коры с разными внешними слоями оказывается схожим. Пикноядерные реакции запускают циклы переработки связанных нуклонов в свободные нейтроны (поскольку образовавшиеся тяжелые элементы оказываются нестабильными и вступаются в многоступенчатые реакции захвата электронов и испускания нейтронов), что энергетически выгодно во внутренней коре нейтронной звезды.

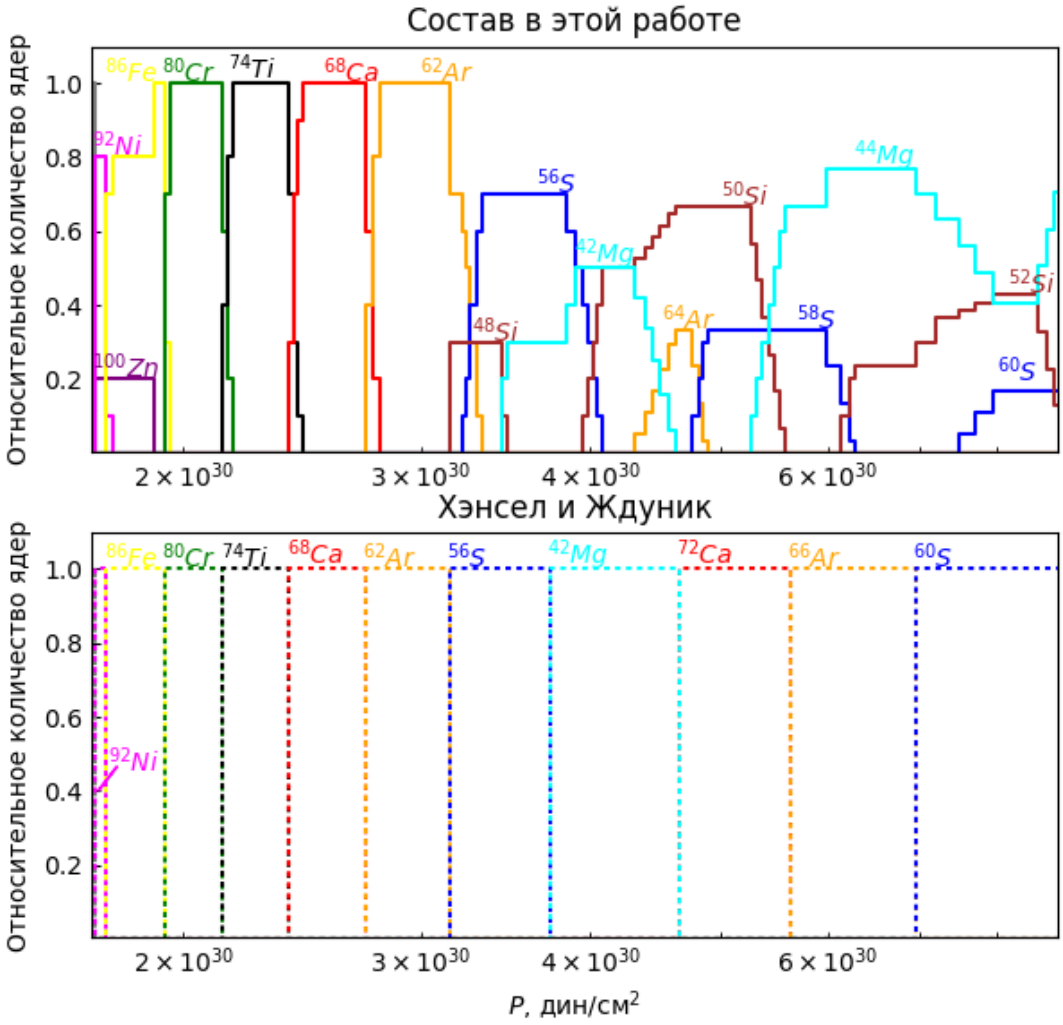


Рис. 3. Зависимость состава внутренней коры аккрецирующей НЗ от давления в многокомпонентной модели в сравнении с [4]. Исходный элемент – ^{106}Pd

Таким образом, многокомпонентная модель ведет к изменению состава внутренней коры и к изменению характера протекания реакций. Учет реакций захвата нейтронов приводит к разветвлению каналов реакций, по этой причине, большинство слоев представлено смесью из различных элементов. В дополнении к этому, обмен нейтронами косвенно препятствует протеканию пикноядерных реакций, поскольку захватившие нейтроны ядра становятся β-стабильными в определенном диапазоне давлений и не достигают Z_i, для которого скорость пикноядерных слияний оказывается выше характерного темпа сжатия вещества. Многокомпонентный состав и учет реакций нейтронных захватов также присутствуют в работах [6, 7]. Тем не менее, в работе [6] используется собственная массовая формула, и не приведен детальный анализ состава внутренней коры. Работа [7] с коллегами более детальная и охватывает больше физических явлений (посчитаны скорости реакций, используется более

современная массовая модель, не учитывающая, однако, влияния свободных нейтронов на массы атомных ядер), но распространяется лишь до плотностей в $2.7 \cdot 10^{12}$ г/см^3. Представленная здесь работа включает в себя больший диапазон плотностей и физически прозрачно описывает возможность захвата нейтронов и, запускаемое пикноядерной реакцией, преобразование ядер в свободные нейтроны. В отличие от вышеупомянутых работ приведено уравнение состояния.

Выводы. Учет обмена нейтронами (реакций нейтронного захвата) вносит вклад в модификацию состава внутренней коры, что важно для тепловой эволюции НЗ. Уравнение состояния во внутренней коре аккрецирующей НЗ отличается от [3], учет данного изменения должен сказываться на сейсмологии НЗ. Состав внутренней коры аккрецирующей НЗ в рамках использованного нами многокомпонентного подхода остается неравновесным (не приходит к минимуму энергии Гиббса на нуклон).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Lasota J.-P. The disc instability model of dwarf novae and low-mass X-ray binary transients // New A Rev. – 2001. – Vol. 45. – P. 449–508. – astro-ph/0102072.

2. Brown E.F., Bildsten L., Rutledge R.E. Crustal Heating and Quiescent Emission from Transiently Accreting Neutron Stars // ApJ. – 1998. –Vol. 504. – P. L95–L98. – astro-ph/9807179.

3. Haensel P., Zdunik J.L. Equation of state and structure of the crust of an accreting neutron star // A&A. – 1990. –Vol. 229. – P. 117–122.

4. Haensel P., Zdunik J.L. Models of crustal heating in accreting neutron stars // A&A. – 2008. – Vol. 480. – P. 459–464. – 0708.3996.

5. Mackie F.D., Baym G. Compressible liquid drop nuclear model and mass formula // Nuclear Physics A. – 1977. – Vol. 285. – P. 332–348.

6. Steiner A.W. Deep crustal heating in a multicomponent accreted neutron star crust // Phys. Rev. C. – 2012. – Vol. 85, no. 5. – P. 055804. – 1202.3378.

7. R. Lau, M. Beard, S.S. Gupta et al. Nuclear Reactions in the Crusts of Accreting Neutron Stars // ApJ. – 2018. – Vol. 859. – P. 62. – 1803.03818.

УДК 539.12

А.Ю. Егоров[1,2], В.А. Бакаев[1]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова

УСТРАНЕНИЕ ДЕТЕКТОРНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СЕЧЕНИЙ РОЖДЕНИЯ АДРОННЫХ СТРУЙ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ

Введение. Целью любого измерения в физике является определение на эксперименте значения физической величины, которое может быть, например, получено в виде распределения (графически представленном гистограммой, спектром). В идеальных условиях, полученное с помощью идеального детектора, распределение равно «истинному» распределению. Строго говоря, такие идеальные условия не возможны в реальном эксперименте. Действительные наблюдаемые распределения оказываются искаженными за счет шумов, ограниченного аксептанса и разрешающей способности детектора. Исходя из этого, важной задачей эксперимента является поиск метода вывода «истинного» спектра из наблюдаемого. Задача такого вывода называется задачей о развертке, или деконволюции, или обратной свертке.

На сегодняшний день существует несколько стандартных методов учета детекторных искажений, широко применяемых в экспериментальной физике высоких энергий. Поэтому на практике в каждом конкретном измерении задача сводится к анализу применимости и выбору оптимального метода из существующих. Следует отметить, что формулировка задачи о

получении «истинного» распределения из наблюдаемого относится к классу некорректных задач. Это означает, что не существует, строго говоря, «правильного» решения. Поэтому методы развертки постоянно совершенствуются, кроме того появляются новые способы решения подобных задач.

Все существующие методы в качестве исходных данных принимают не только наблюдаемые распределения, но и «истинные». Более того, для решения задачи нужна функция отклика детектора, описывающая, каким именно образом искажается «истинное» распределение. Здесь в явном виде проявляется некорректность задачи, где результат, «истинное» распределение, является входным данным. Для изучения детекторных искажений успешно применяется Монте-Карло (МК) моделирование детектора, основанное на знании законов и понимании процессов, происходящих в детекторе.

Цель настоящей работы – анализ различных существующих методов решения задачи о развертке для устранения детекторных искажений при измерении сечений рождения пар адронных струй в протонных столкновениях.

Методология и методы исследования: В настоящей работе изучены следующие методы развертки: метод поправочных коэффициентов (bin-by-bin), прямое решение задачи (развертка обращением матрицы отклика детектора (matrix inversion)), развертка максимизацией функции правдоподобия с регуляризацией Тихонова TUnfold [1], реализованная в оболочке анализа данных ROOT [2], развертка с помощью сингулярного разложения матрицы отклика [3] реализованная в ROOT (TSVD) и RooUnfold [4] (RooUnfoldSVD), а также итеративная развертка Д'Агостини [5], реализованная в RooUnfold. Следует упомянуть, что недавно появился новый метод развертки, использующий мультивариативный анализ. Данный метод, не рассматривался в настоящей работе. Методы, включающие регуляризацию, тестировались для различных значений регуляризационного параметра. Регуляризационный параметр устанавливался вручную или с применением методов поиска оптимального значения регуляризационного параметра, таких как метод, использующий L-кривую, или минимизацию максимальных глобальных корреляций.

Следует добавить, что в рамках всех методов существует некоторая вариация в способах учета фоновых событий или событий, ошибочно идентифицированных как сигнальные. В настоящей работе исследованы различные методы учета фона. Первый из них – метод расширения матрицы отклика детектора. В этом методе в матрицу отклика детектора добавляется дополнительный столбец, куда заносятся фоновые события (считаем, что ячейки распределения на детекторном уровне нумеруют строки, а ячейки распределения на уровне стабильных частиц, до искажения детектора, нумеруют столбцы матрицы отклика). Многие реализации развертки используют этот способ учета фона по умолчанию, например, RooUnfold. Второй способ учета фона – метод вычитания фона (в предположении некоррелированного фона). В этом методе фон считается аддитивным. Таким образом, перед выполнением развертки фон вычитается из распределения на детекторном уровне. Второй способ используется, когда источником фона являются независимые не сигнальные процессы с конечным состоянием, не отличимым от сигнала, в предположении малой интерференции. Третий метод мы называем мультипликативной поправкой на фон. В этом методе предполагается, что фон коррелирован с формой сигнала, которая может отличаться для восстанавливаемого распределения и используемой МК модели. Поэтому для фоновых событий вводятся поправочные коэффициенты в каждой ячейке распределения на детекторном уровне. Поправочные коэффициенты рассчитываются как отношение сигнальных событий МК модели на детекторном уровне ко всем событиям (сигнал + фон) МК модели на детекторном уровне для.

Детекторные искажения изучались в рамках измерения дифференциальных сечений рождения пар адронных струй в протонных столкновениях при энергии 2.76 ТэВ в системе центра масс, с помощью детектора CMS (Compact Muon Solenoid) [6] на Большом Адронном

Коллайдере (БАК). В рамках этого измерения изучаются различные дифференциальные сечения $d\sigma/d\Delta y$ рождения пар адронных струй как функции интервала быстроты между адронными струями в паре. Быстрота – аддитивная при преобразованиях Лоренца логарифмическая функция энергии и продольного импульса: $y = \frac{1}{2}\ln\frac{E+p_{||}}{E+p_{||}}$, где E – энергия адронной струи, а $p_{||}$ – продольный импульс адронной струи или импульс вдоль пучка сталкивающихся протонов (использована естественная система единиц). Интервал быстроты определяется как $\Delta y = |y_1 - y_2|$, где y_1, y_2 – быстроты первой и второй струи в паре. Адронные струи кластеризованы с помощью алгоритма анти-k_T [7] с различными параметрами размера струи 0.5 и 0.7. Соответствующие струи обозначаются $ak5$ и $ak7$. События, отбираемые для анализа, должны соответствовать экспериментальным критериям отбора, а именно: должны содержать как минимум две адронных струи, при этом поперечный импульс p_T (составляющая импульса поперечная пучку) каждой из этих струй должен быть больше 35 ГэВ/с.

Таким образом, в работе определяются и измеряются четыре вида сечений: $d\sigma_{incl}/d\Delta y$ – инклюзивное сечение; $d\sigma_{excl}/d\Delta y$ – «эксклюзивное» сечение; $d\sigma_{MN}/d\Delta y$ – Мюллер-Навеле сечение; $d\sigma_{excl\,Veto}/d\Delta y$ – «эксклюзивное» с вето сечение. Инклюзивные события – события с двумя или более струями с $p_T > 35$ГэВ/с, причем интервал быстроты каждой пары струй учитывается в инклюзивном сечении. «Эксклюзивное» событие – событие в котором только одна пара струй с $p_T > 35$ГэВ/с. Соответственно только интервал быстроты этой пары струй дает вклад в «эксклюзивное» сечение. Млюллер-Навеле (MH) сечение определяется для инклюзивных событий, при этом только пара струй с максимальным разделением по быстроте (MH пара [8]) в событии дает вклад в MH сечение. «Эксклюзивное» с вето сечение определяется для «эксклюзивных» событий, однако, вводится вето на излучение адронной струи дополнительной к «эксклюзивной» паре. Если в «эксклюзивном» событии наблюдается дополнительная струя с поперечным импульсом $p_T > p_{T\,Veto} = 20$ГэВ/с, то такое событие исключается из «эксклюзивного» с вето сечения.

Как видно из определений сечений выше, в данной работе измеряется достаточно сложная конфигурация событий. Конечное разрешение детектора по поперечному импульсу и быстроте может приводить к искажениям измеряемых сечений как по форме, так и по абсолютной величине. В целях изучения этих эффектов проводилось МК моделирование.

МК моделирование столкновений производилось в универсальных генераторах столкновений протонов PYTHIA8[9] (настройка 4C [10]) и HERWIG++ [11] (настройка EE3C [12]). Симуляция детектора CMS выполнена в программном пакете GEANT4 [13].

Для целей оценки качества развертки используются два независимых МК генератора (PYTHIA8 и HERWIG++), что позволяет сравнивать результаты развертки с распределениями на уровне стабильных частиц («истинными» распределениями). Выполняется так называемый кросс тест, когда наблюдаемое распределение одного генератора разворачивается с помощью функции отклика детектора, оцененной с помощью другого генератора.

Результаты. Получены результаты кросс-теста для всех изучаемых сечений и размеров адронных струй, для всех видов развертки, перечисленных выше, для различных значений регуляризационного параметра и способов учета ошибочно идентифицированных событий (фона). Пример кросс-теста для инклюзивного сечения рождения пар $ak7$ адронных струй представлен на рис. 1. На рис. 1 выполнена развертка сечения, полученного с помощью генератора HERWIG++, матрицей отклика, рассчитанной с помощью PYTHIA8, для лучших значений регуляризационного параметра и метода учета фона, который показал наилучший результат. Таким методом учета фона оказался метод, использующий мультипликативную поправку.

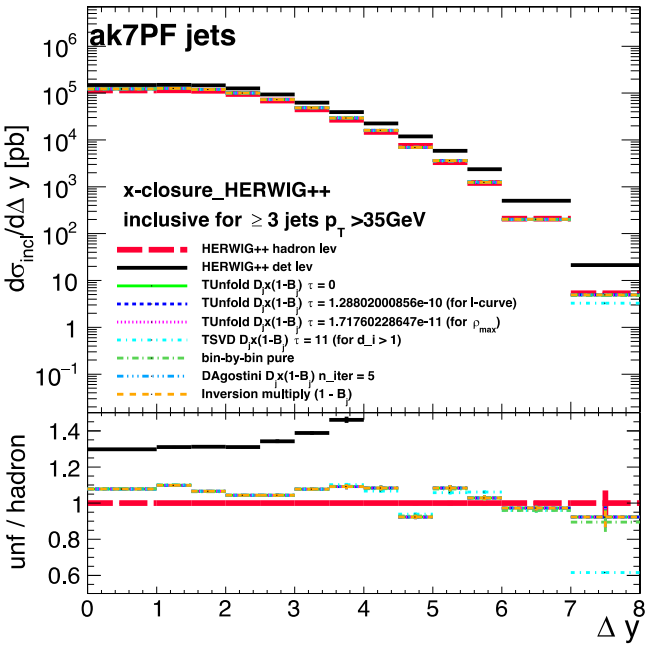


Рис. 1. Кросс-тест. Инклюзивное сечение на детекторном уровне (черные линии) для $ak7$ адронных струй, полученное с помощью генератора HERWIG++, развернутое с помощью генератора PYTHIA8 различными методами, в сравнении с инклюзивным сечением HERWIG++ на адронном уровне (красные линии). Остальные цветные линии – результат развертки выполненной различными методами (указаны в легенде). Во всех случаях выбрана мультипликативная поправка для учета фона. В легенде также явно указано значение регуляризационного параметра (τ или n_iter). Все методы дают почти одинаковый результат, поэтому линии закрывают друг друга

Выводы. Как видно из рис. 1, все методы развертки дают одинаковый результат в условиях выбора мультипликативной поправки на фон. Оптимальными оказываются значения регуляризационного параметра, соответствующие отсутствию регуляризации. Лучшим методом учета фона является мультипликативная поправка на фон, что является следствием того, что фон (ошибочно идентифицированные события) является коррелированным в настоящем измерении. Основным источником фона является миграция адронных струй около порога в $p_T = 35$ГэВ/с, связанная с конечным разрешением детектора по поперечному импульсу. Также, как видно из рис. 1, не удается восстановить «истинное» распределение полностью. Дополнительные исследования показывают, что причина недостаточного восстановления состоит в том, что адронные струи, сгенерированные в разных моделях, вызывают разный отклик детектора. Это остаточное отклонение может служить оценкой систематической неопределенности коррекции детекторных искажений. Проведенное исследование также показывает, что на настоящий момент, не существует универсального метода устранения детекторных искажений, который подходил бы для любого измерения. Таким образом подобное изучение применимости различных методов должно проводится в каждом измерении с последующим определением оптимального метода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. S. Schmitt // JINST 7 (2012) T10003, doi:10.1088/1748-0221/7/10/T10003 [arXiv:1205.6201].

2. R. Brun, F. Rademakers // Nucl. Instrum. Meth. A389 (1997) 81–86, doi: 10.1016/S0168-9002(97)00048-X.

3. A. Hocker and V. Kartvelishvili // Nucl. Instrum. Meth. A372 (1996) 469–481, doi:10.1016/0168-9002(95)01478-0 [arXiv:hep-ph/9509307].

4. T. Adye // Proceedings of the PHYSTAT 2011 Workshop, CERN, Geneva, Switzerland, January 2011, CERN-2011-006, pp. 313–318 [arXiv:1105.1160[physics.data-an]].

5. G. D'Agostini // Nucl. Instrum. Meth. A **362** (1995) 487.
6. CMS Collaboration // JINST 3 (2008) S08004, doi:10.1088/1748-0221/3/08/S08004.
7. M. Cacciari, G.P. Salam, G. Soyez // JHEP 04 (2008) 063, doi:10.1088/1126-6708/2008/04/063, arXiv:0802.1189.
8. A.H. Mueller, H. Navelet // Nucl. Phys. B282 (1987) 727–744, doi:10.1016/0550-3213(87)90705-X.
9. T. Sjostrand, S. Marenna and P.Z. Skands // Comput. Phys. Commun. **178** (2008) 852 [arXiv:0710.3820[hep-ph]].
10. R. Corke and T. Sjostrand // JHEP 03 (2011) 032, doi:10.1007/JHEP03(2011)032, arXiv:1011.1759.
11. Bahr et al. // Eur. Phys. J. C **58** (2008) 639 [arXiv:0803.0883[hep-ph]].
12. S. Gieseke et al. // "Herwig++ 2.5 Release Note" (2011) [arXiv:1102.1672].
13. S. Agostinelli et al., [GEANT4 Collaboration] // Nucl. Instrum. Meth. A **506** (2003) 250.

УДК 544.72

Е.С. Гангрская[1], Е.С. Бабич[1], И.В. Редуто[1,2,3]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Университет восточной Финляндии, Йоэнсуу 80101, Финляндия
[3]Санкт-Петербургский академический университет РАН

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МИКРОКАНАЛОВ С ГКР-АКТИВНЫМИ СЕРЕБРЯНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРО-ПОЛЕВОГО СТРУКТУРИРОВАНИЯ СТЕКЛА

Введение. Высокочувствительные биологические сенсоры и химические датчики, использующие комбинационное рассеяние света для экспресс-детектирования сверхмалого количества вещества, находят широкое применение в биологии, в химико-фармацевтической промышленности и в системах экологической безопасности. В качестве чувствительного элемента таких устройств перспективно использовать микрофлюидные чипы, интегрированные с металлическими плёнками или наночастицами. Эффективность подобных элементов обеспечивается сочетанием высокого быстродействия за счёт движения жидкости по микрофлюидным каналам [1] и существенного увеличения чувствительности детектирования (теоретическая оценка до ~10^{12} раз) в результате гигантского усиления сигнала комбинационного рассеяния (ГКР) металлическими плёнками и частицами [2, 3].

Цели и задачи работы. Целью настоящей работы являлась разработка и оптимизация методики изготовления микрофлюидных каналов, интегрированных с ГКР-активными наноструктурами. В ходе работы были решены следующие задачи: по предложенной методике изготовлены микроканалы с серебряной островковой плёнкой на дне в качестве ГКР-активного слоя и оптимизирована последовательность этапов изготовления микроканалов; охарактеризована морфология выращенной островковой плёнки и микроканалов; полученные наноструктуры протестированы в качестве ГКР-активных подложек.

Методы исследования. Для изготовления микроканалов с ГКР-активным слоем мы использовали метод электро-полевого структурирования стекла [4] в сочетании с методом обратной диффузии металла из матрицы стекла [5]. Этапы и параметры процедуры изготовления структур проиллюстрированы на рис. 1(а–в).

В результате электро-полевого структурирования (поляризации) стекла электродом заданной конфигурации вблизи анодной поверхности стекла формировался обеднённый положительными ионами (поляризованный) слой. Электрод представлял собой стеклографитовую пластину с набором канавок прямоугольной формы: глубина 500 нм, ширина 10–60 мкм и длина 2 мм. В области контакта электрода со стеклом формировался поляризованный слой существенно большей толщины, чем в области под углублением электрода, вследствие разной напряжённости электрического поля в этих областях [4].

Разница толщин поляризованных слоёв, а также скоростей травления поляризованной и неполяризованной/слабополяризованной областей стекла [6] приводили к селективному травлению образца в растворе $NH_4F{:}8H_2O$ и формированию микроканалов (рис. 1(а)) в областях стекла, соответствующих углублениям электрода. Формирование серебряных наночастиц включало два последовательных этапа: ионный обмен и отжиг (рис. 1(б)). В результате ионного обмена Na^+–Ag^+ в расплаве смеси нитратов натрия и серебра приповерхностный слой стекла допировался ионами серебра, а его отжиг в восстановительной атмосфере водорода приводил к самоорганизованному росту серебряных наночастиц на поверхности стекла и образованию островковой плёнки [5].

Для оптимизации предлагаемой методики и исследования процессов поляризации, травления стекла и формирования серебряных островковых плёнок были изготовлены три серии образцов с разной последовательностью этапов изготовления (рис. 1(в)): I – поляризация, травление, ионный обмен, отжиг; II – поляризация, ионный обмен, травление, отжиг; III – ионный обмен, поляризация, травление, отжиг; также была проведена серия экспериментов по времени травления (10, 20, 30 и 40 минут).

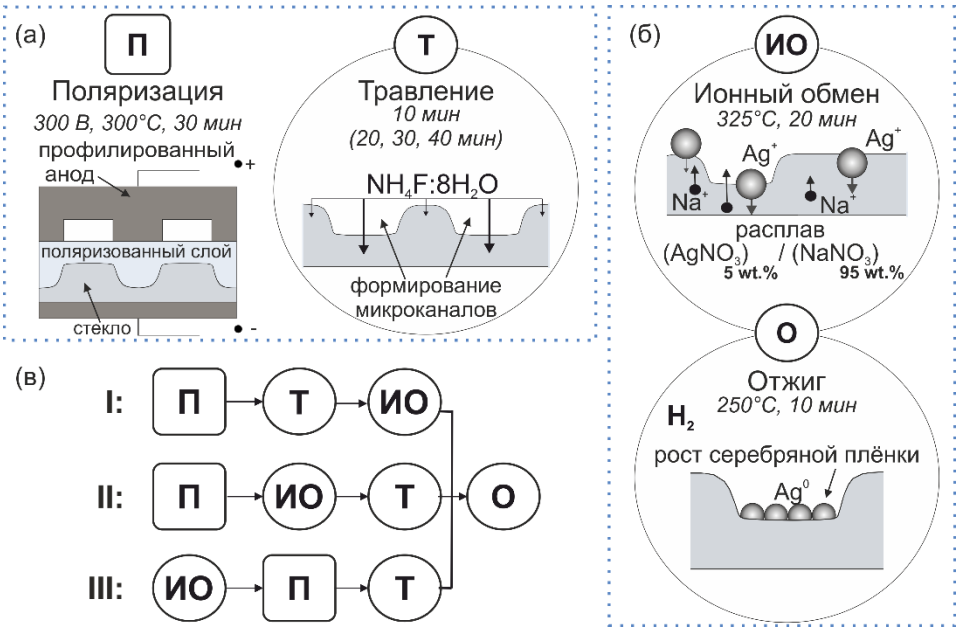


Рис. 1. Схематическое изображение этапов процедуры изготовления каналов с ГКР-активной островковой плёнкой на дне: (а) – поляризация (П) стекла профилированным электродом и травление (Т) в полирующем травителе; (б) – ионный обмен Na^+ – Ag^+ (ИО) и формирование серебряной плёнки при отжиге в водородной атмосфере (О); (в) – три последовательности этапов формирования каналов для серий образцов I, II, III

Шероховатость поверхности дна каналов и глубина каналов были охарактеризованы методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) и профилометрии. Морфология серебряной островковой плёнки была исследована методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и АСМ. Образцы были протестированы в качестве ГКР-активных подложек с использованием вещества BPE (1,2-Di(4-pyridyl)ethylene 97%) при длине волны возбуждающего лазерного излучения 633 нм.

Результаты и обсуждение. Глубина формируемых в образцах серии I–III каналов последовательно увеличивалась с увеличением времени травления с 10 до 30 минут и не изменялась при травлении более 30 мин. Глубина не зависела от ширины каналов, но изменялась при изменении порядка этапов изготовления. Максимальная глубина, 1,3 мкм, была получена при 30-минутном травлении образца III серии, для каналов I и II серий глубина не превышала 0,9 мкм. Выявленную разницу в глубинах каналов серий I–III можно объяснить

(а) большей толщиной поляризованного слоя вне каналов для образцов серии III и (б) большей химической устойчивостью дна каналов образцов серии II. Причинами большой толщины поляризованного слоя в III и химической устойчивости в II могут быть отличия в структуре поляризованного слоя ионно-обменного стекла по сравнению с исходным стеклом, вызванные меньшей подвижностью ионов серебра по сравнению со щелочными ионами, а также наличие механических напряжений из-за замещения щелочных ионов стекла на большие по размеру ионы серебра [7]. Важно отметить, что увеличение длительности травления (свыше 20 минут и 30 минут для серий I–II и серии III соответственно) не привело к образованию более глубоких каналов, поскольку после полного стравливания поляризованного слоя вне каналов, выполнявшего роль маски, скорости травления областей внутри и вне каналов сравнялись [6].

Серебряная островковая плёнка была сформирована на дне микроканалов во всех образцах серий I–III, при этом для серии I наблюдалось увеличение, а для серии II–III уменьшение среднего радиуса наночастиц с увеличением времени травления с 10 до 40 мин. Для всех образцов было характерно уменьшение доли площади дна канала, занимаемой наночастицами (фактор заполнения) при увеличении времени травления. Рост плёнок вне каналов не наблюдался ни в одном из случаев в связи с отсутствием щелочных ионов в сильно поляризованном слое стекла в этой области. Рельеф дна каналов с максимальной глубиной, травившихся в течение 30 минут, и СЭМ-изображение островковых плёнок, сформированных на дне каналов, представлены на рис. 2. Как видно на рис. 2(б), островковая плёнка на дне канала образца серии III более плотная и монодисперсная по сравнению с образцами серий I и II.

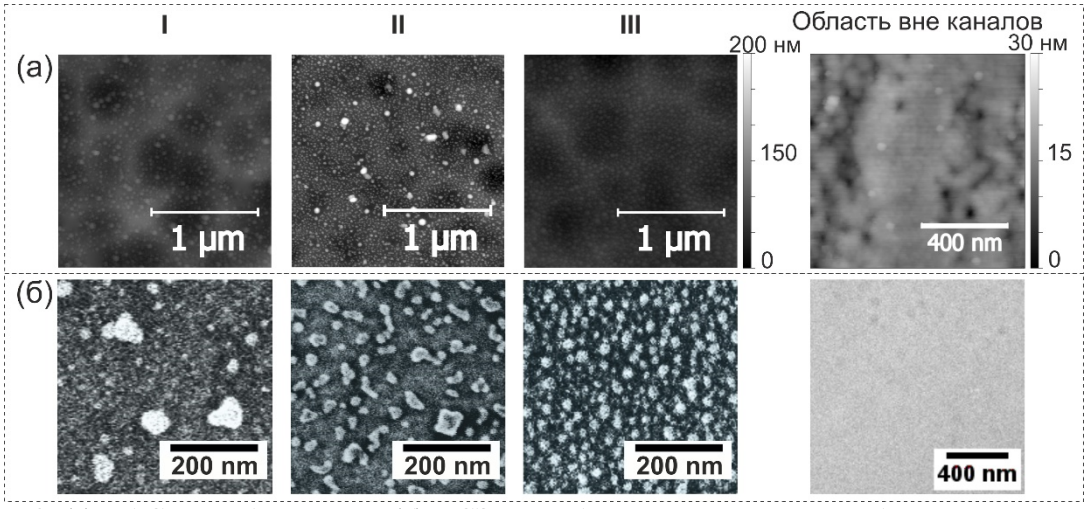


Рис. 2. (а) – АСМ изображения и (б) – СЭМ изображения дна каналов образцов серии I–III, травившихся в течение 30 мин, и области вне каналов

В табл. 1 приведены данные о шероховатости поверхности дна микроканалов, образованных в результате травления образцов I–III на протяжении 30 минут, и параметры сформированной на дне микроканалов серебряной островковой плёнки. В образце серии III серебряные наночастицы занимали 25% поверхности при среднем радиусе частицы 11 нм, в то время как для образцов серии I и II наночастицы занимали 9% и 20% поверхности дна канала, а их средний радиус составлял 8 и 11 нм, соответственно. Меньшие плотность плёнки и размеры частиц для образцов серий I–II, поляризованных перед этапом ионного обмена, свидетельствуют о меньшем содержании серебра в стекле по сравнению с серией III. Часть щелочных ионов стекла была смещена из области под канавкой электрода вглубь стекла и не принимала участия в ионном обмене натрий-серебро, в результате чего приповерхностный слой стекла менее эффективно допировался ионами серебра.

Таблица 1. Шероховатость поверхности дна каналов, фактор заполнения и средний радиус сформировавшихся на дне каналов серебряных наночастиц после травления в течение 30 минут

Образец	I	II	III
Шероховатость дна, нм	57	12	34
Фактор заполнения, %	9	20	25
Радиус частиц, нм	8	11	11

Микроканалы с серебряными островковыми плёнками на дне были апробированы в качестве ГКР-подложек на тестовом аналите BPE (1,2-Di(4-pyridyl)ethylene). После нанесения мономолекулярного слоя BPE на образцы серий I–III с максимальной глубиной каналов (травление 30 мин) в области каналов регистрировался ГКР сигнал. Ожидаемо, наибольшее усиление ГКР сигнала наблюдалось для серии с наиболее плотной серебряной плёнкой (III): спектр от образца серии III превышал по интенсивности и соотношению сигнал/шум спектры от образцов серий I и II. Полученный сигнал был устойчив во времени и однороден по всей ширине и длине канала. Мы считаем, что значение коэффициента усиления сформировавшейся в III островковой плёнки можно оценить в диапазоне 10^6–10^9. Нижняя граница коэффициента усиления соответствует литературным данным по усилению сигнала, детектируемого в аналогичных наноструктурах [8], а верхняя граница теоретической оценке значения усиления, необходимого для детектирования мономолекулярного слоя вещества [9].

Выводы. Оптимальной методикой изготовления микрофлюидных каналов, интегрированных с серебряной островковой плёнкой, является последовательное выполнение ионного обмена, поляризации, травления и отжига в водородной атмосфере. Глубина формируемых каналов составляет 1,3 мкм после 30 мин травления, при этом шероховатость поверхности дна не превышает 34 нм. Усиление сигнала комбинационного рассеяния света серебряной островковой плёнкой, сформированной на дне микроканалов, можно оценить в диапазоне 10^6–10^9.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект №18-32-00097.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Watanabe T., Sassa F., Yoshizumi Y. and Suzuki H. Review of Microfluidic Devices for On-Chip Chemical Sensing // 2017 Electron. Commun. Jpn. 100 25.

2. Liu Y., Zhou H., Hu Z., Yu G., Yang D. and Zhao J. Label and label-free based surface-enhanced Raman scattering for pathogen bacteria detection: A review // 2017 Biosens. Bioelectron. 94 131.

3. He S., Kang M. W. C., Khan F. J., Tan E. K. M., Reyes M. A., Kah J. C. Y. Optimizing gold nanostars as a colloid-based surface-enhanced Raman scattering (SERS) substrate // 2015 J. Opt. 17 114013.

4. Redkov A. V., Melehin V. G., Statcenko V. V., Lipovskii A. A. Nanoprofiling of alkali-silicate glasses by thermal poling // 2015 J. Non-Cryst. Solids 409 166.

5. Chervinskii S., Sevriuk V., Reduto I., Lipovskii A. Formation and 2D-patterning of silver nanoisland film using thermal poling and out-diffusion from glass // 2013 J. Appl. Phys. 114 224301.

6. Reduto I., Kamenskii A., Redkov A., Lipovskii A. Mechanisms and Peculiarities of Electric Field Imprinting in Glasses // 2017 J. Electrochem. Soc. 164 E385.

7. Guldiren D., I. Erdem I., Aydin S., J. Influence of silver and potassium ion exchange on physical and mechanical properties of soda lime glass // 2016 J. Non-Cryst. Solids 441, 1.

8. Gao J., Zhang N., Ji D., Song H., Liu Y., Zhou L., Sun Z., Jornet J.M., Thompson A.C., Collins R.L., Song Y., Jiang S., Gan Q., Superabsorbing Metasurfaces with Hybrid Ag-Au Nanostructures for Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Sensing of Drugs and Chemicals // 2018 Small Methods 2, 1800045.

9. Blackie E. J., Le Ru, E. C., Etchegoin, P. G. Single-Molecule Surface-Enhanced Raman Spectroscopy of Nonresonant Molecules // 2009 J. Am. Chem. Soc. 131, 14466–14472.

УДК 535.417

Д.А. Горбенко [1,2], А.В. Белашов [2], Т.Н. Беляева [3], Е.С. Корнилова [3], И.В. Семёнова [2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]ФТИ им. А.Ф. Иоффе
[3]Институт Цитологии РАН

ИЗМЕНЕНИЕ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ МОРФОЛОГИИ ПРИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Актуальность. Исследование реакции живых клеток in vitro на фотодинамическое воздействие (ФДВ), сопровождающееся генерацией в них синглетного кислорода, является актуальной задачей, поскольку фотодинамическая терапия находит все более широкое применение для лечения онкологических заболеваний [1]. В настоящее время методы голографической микроскопии и томографии занимают одну из ведущих позиций среди неинвазивных методов исследования клеток. Томографические методы обеспечивают возможность получения трехмерных фазовых изображений внутриклеточных структур с высоким временным и пространственным разрешением. В большинстве научных работ на данный момент наиболее часто регистрируемым откликом клеток на ФДВ является некроз – гибель клетки, которая сопровождается быстрым разрушением клеточной мембраны с вытеканием внутриклеточной среды наружу, развитием альтерации окружающих клеток и протеканием воспалительных процессов in vivo [2]. Однако процессы аутофагии и апоптоза, индуцированные генерацией активных форм кислорода во внутриклеточных структурах, также наблюдались в ряде работ [2, 3]. Актуальность изучения методов индуцирования тех или иных типов клеточной смерти обусловлена необходимостью запуска различных биохимических процессов в организме пациента в зависимости от типа и цели проводимой терапии.

Методы исследования. Для изучения морфологических изменений в клетках, происходящих в процессе их гибели, использовался специализированный оптический микроскоп 3D Cell Explorer (Nanolive), в котором реализован принцип голографической томографии. Этот бесконтактный метод основан на технике голографической микроскопии, которая позволяет восстанавливать изменения формы волнового фронта при его прохождении через исследуемый образец. Техника томографии реализуется за счет обработки набора голограмм, зарегистрированных при вращении зондирующего пучка. В результате численной обработки полученного набора голограмм производится восстановление трехмерного распределения показателя преломления во внутриклеточных структурах, что впоследствии может быть использовано для оценки их состояния, морфологии и определения механизма клеточной гибели [2, 3].

Цели и задачи работы. В данной работе исследовалась реакция клеток карциномы человека HeLa на ФДВ методом голографической томографии. ФДВ осуществлялось с использованием фотосенсибилизатора (ФС) Радахлорин. Образцы культивировались в чашках Петри в среде DMEM, содержащей 10% сыворотки крови плодов коровы и 1% пенициллина/стрептомицина в атмосфере 5% CO_2 при 37 °C. Перед проведением экспериментов клетки выдерживались в растворе, содержащем фотосенсибилизатор в концентрации 5 мкг/мл или 10 мкг/мл в течение 4 часов, при этом происходило его проникновение внутрь клеток. Затем раствор заменялся на чистую культуральную среду. После этого клетки облучались излучением полупроводникового лазера на длине волны 660 нм, соответствующей пику поглощения фотосенсибилизатора, что приводило к образованию активных форм кислорода внутри клеток и их последующей гибели. Клетки подвергались ФДВ на трех различных дозах облучения: 5 Дж, 10 Дж, 20 Дж. Было проанализировано 6 групп клеток, зафиксированных через 24 часа после ФДВ на различных

дозах облучения и при разных концентрациях фотосенсибилизатора. В результате статистического анализа выделены существенные различия в изменении качественных и количественных морфологических параметров клеток линии HeLa, которые соответствуют двум основным путям клеточной гибели: апоптозу, который сопровождается округлением клетки, увеличением плотности цитоплазмы и органелл с последующим образованием мелких пузырей (блеббинг) и некрозу, характеризующемуся набуханием цитоплазмы, разрушением органелл, разрывом клеточной мембраны и вытеканием внутриклеточного содержимого наружу.

Результаты. На рис. 1 представлены изображения клеток, полученные в голографическом томографическом микроскопе при различных концентрациях ФС и разных дозах облучения. Анализ томографических изображений и полученных численных данных по изменению морфологических характеристик клеток позволяет сделать следующие выводы:

1. При малых дозах облучения и малых концентрациях препарата (доза облучения 5 Дж, концентрация Радахлорина 5 и 10 мкг/мл) клетки способны противостоять ФДВ, существенных изменений морфологических параметров клеток не происходит (рис. 1 (1)).
2. При умеренных дозах облучения (доза облучения 10 Дж, концентрация Радахлорина 10 мкг/мл) наблюдаются типичные признаки апоптоза – блеббинг, округление клеток, выраженное уменьшение их объема и площади мембраны (рис. 1 (2)).
3. При более высокой дозе облучения (доза облучения 20 Дж; концентрация Радахлорина 5 и 10 мкг/мл) протекает некроз, сопровождающийся разрывом мембраны и вытеканием внутриклеточной среды наружу (рис. 1 (3)).

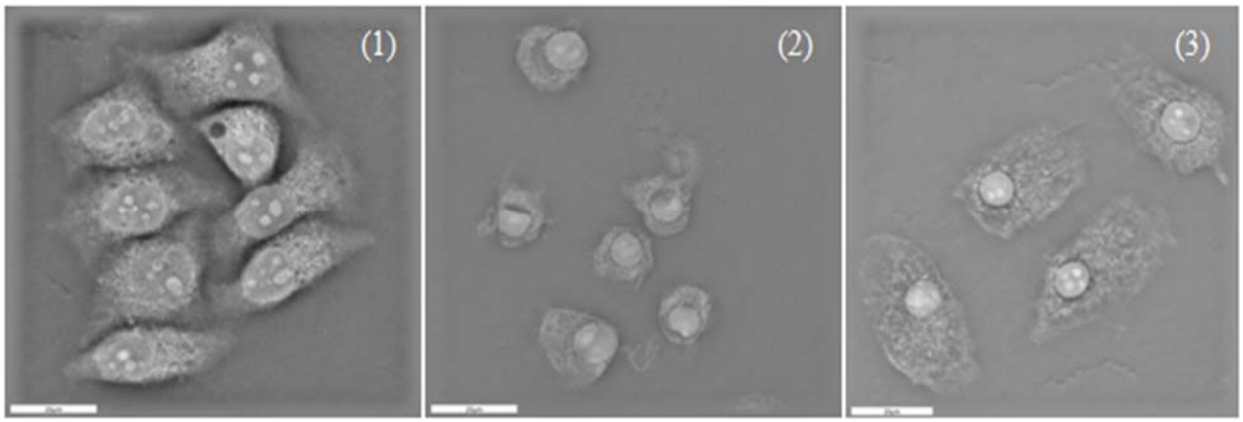


Рис. 1. Изображения клеток, полученные в голографическом томографическом микроскопе. (1) Доза облучения 5 Дж, концентрация ФС 5 мкг/мл; (2) 10 Дж, 10 мкг/мл; (3) 20 Дж (3), 10 мкг/мл

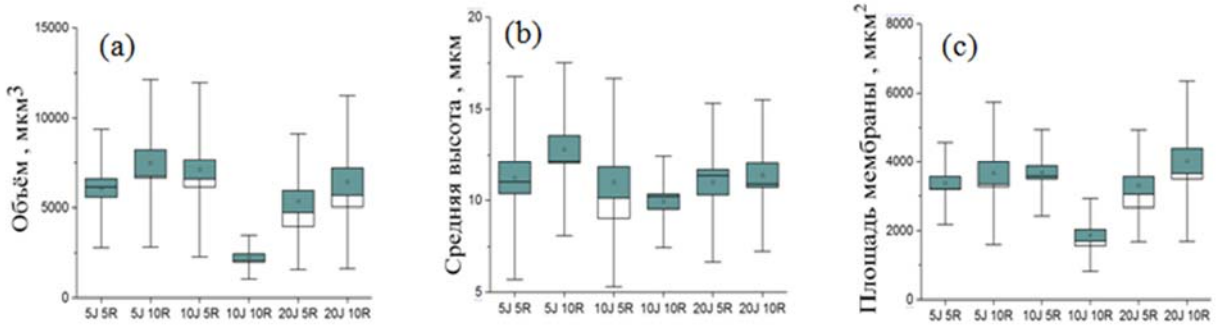


Рис. 2. Статистические распределения средних величин морфологических параметров клеток: объёма (a), средней высоты (b) и площади мембраны (c), полученные через 24 часа после ФДВ при разных концентрациях ФС и разных дозах облучения (J-Доза облучения (Дж), R-Концентрация Радахлорина (мкг/мл)). В каждом случае усреднение проводилось по 50–100 клеткам в образце

Таким образом, при анализе фиксированных образцов мы убедились, что метод голографической томографии позволяет детектировать и различать процессы некроза и апоптоза по изменению морфологических характеристик клеток. Были идентифицированы преобладающие механизмы клеточной гибели при разных режимах ФДВ: высокие дозы ФДВ приводят к некротическим изменениям во внутриклеточных структурах, а умеренные запускают механизмы апоптоза.

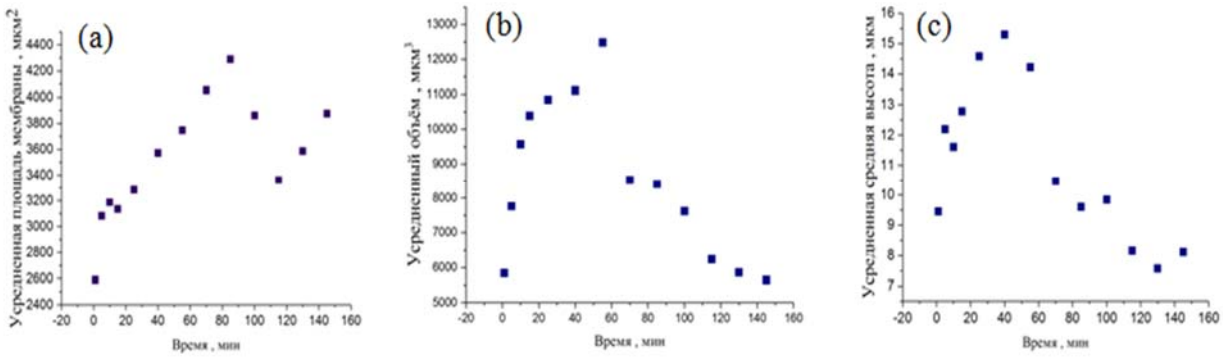


Рис. 3. Статистические данные по изменению морфологических параметров клеток в течение 2.5 часов после проведения ФДВ. (a) – площадь мембраны, (b) – объём, (c) – средняя высота клеток. Каждая точка получена при усреднении соответствующего параметра по 15–20 клеткам в образце

Следующим этапом работ было проведение исследования динамики изменения морфологии живых клеток в культуре в течение первых 2,5 часов после облучения с дозой 20 Дж. При ФДВ с данной дозой облучения, как было показано на фиксированных образцах, происходит гибель по механизму некроза. В ходе экспериментов определялись площадь клеточной мембраны, объём и средняя высота клеток и проводилось усреднение данных по 15–20 клеткам в каждый момент времени. На рис. 3 приведены полученные зависимости изменений этих параметров в течение времени наблюдения. Как видно из рисунка 3, за первые 2.5 часа после облучения происходят существенные изменения биологических параметров клеток при их гибели. Наблюдается наличие максимума для данных биологических параметров около 60-80 минуты. Этот максимум обусловлен ростом внутриклеточного пузыря с жидкостью, которой легко детектируется методами цифровой голографии, так как его показатель преломления заметно отличается от показателя преломления внеклеточной среды. Но с течением времени клеточная мембрана разрывается, и внутриклеточная среда вытекает наружу, после чего растворяется в питательной среде DMEM, в которой содержатся клетки: показатель преломления этой смеси уравнивается. Вследствие этих процессов происходит уменьшение объема (рис. 3, b) и средней высоты (рис. 3, c) клеток. Увеличение площади поверхности мембраны (рис. 3, a) к 160-й минуте объясняется ее разрывом и выходом внутриклеточного содержимого наружу, при этом клетка оптически стала занимать большую площадь, чем в исходном состоянии.

Таким образом, при дозах облучения 20 Дж мы можем однозначно утверждать о гибели клеток по механизму некроза. Важно, что в наших условиях некроз протекал в течение первых 2–3 часов после облучения. Использование методики голографической томографии позволило наблюдать этот процесс в динамике. Мы также убедились, что предположение о слабом изменении морфологических характеристик клеток после гибели путем некроза верно. Это согласуется с численными данными, полученными на фиксированных образцах.

Результаты анализа клеточных параметров были сопоставлены с данными, полученными с помощью конфокальной флуоресцентной микроскопии с использованием стандартной смеси красителей акридина оранжевого и бромистого этидия. Типичные флуоресцентные изображения клеток приведены на рис. 4. При небольших дозах облучения (рис. 4 (a), (b))

наблюдается люминесценция акридинового оранжевого и отсутствие флуоресценции бромистого этидия, что свидетельствует о сохранности клеточной мембраны. При этом в (b) изменена морфология клеток – протекает апопотоз. При большой дозе облучения (c) флуоресцирует бромистый этидий. Проникновение этого красителя в ядра свидетельствует о нарушении целостности мембраны клетки, и о гибели клеток путем некроза.

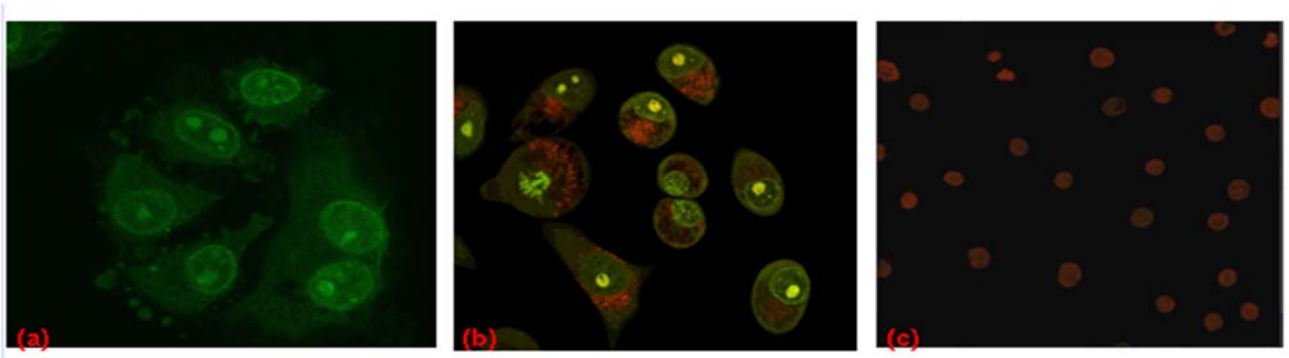


Рис. 4. Флуоресцентные изображения клеток линии HeLa после ФДВ при разных дозах облучения (a) – 5 Дж, 5 мкг/мл ФС, (b) – 10 Дж, 10 мкг/мл ФС, (c) – 20 Дж, 10 мкг/мл ФС

Таким образом, данные этих экспериментов также показали протекание некротических процессов при высоких дозах фотодинамического воздействия и апоптотических процессов при умеренных интенсивностях ФДВ.

ЛИТЕРАТУРА**:**

1. P.Y. Liu et al. Cell refractive index for cell biology and disease diagnosis: past, present and future. Lab Chip, 16, 4, 634-644, 2016.

2. В.Н. Манских. Пути гибели клетки и их биологическое значение. Цитология, 49, 11, 909–913, 2007.

3. Т.Ф. Сергеева, М.В. Ширманова, Е.В. Загайнова, К.А. Лукьянов. Современные методы исследования апоптотической гибели клеток (обзор). Современные технологии в медицине, 7, 3, 172–182, 2015.

УДК 621.314.6

М.Э. Манохин, М.М. Пилипко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ РАДИОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ В ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Введение. По многим причинам человечество постепенно отказывается от традиционных энергетических ресурсов и переходит на использование источников неисчерпаемой и альтернативной энергии. Процесс сбора энергии от одного или нескольких таких источников в англоязычной литературе носит название “Energy harvesting”. В случаях, когда маломощные миниатюрные устройства и датчики располагаются в труднодоступных местах, где питание от сети невозможно, а питание от батареи предполагает ее периодическую замену, выгодно применять устройства, использующие альтернативные источники энергии. Эффективность большинства из них зависит от погодных и иных условий. От этих недостатков избавлены накопители радиоизлучения – RF-DC преобразователи. На данный момент практически все окружающее пространство пронизано радиоизлучением цифрового телевидения, сотовой связи, 3G/4G-модемов, Wi-Fi роутеров. Несмотря на сравнительно низкие уровни мощности излучения GSM протоколов, результаты различных исследований показывают, что протоколы

GSM900 и GSM1800 наиболее выгодны для систем сбора энергии. А поскольку с развитием технологии миниатюрные устройства и датчики уменьшаются в размерах, потребляют меньшую мощность и становятся более энергетически эффективными, значимость радиочастотной энергии для питания таких устройств возрастает. В работе [1] рассмотрено применение структуры, состоящей из датчика с приемником энергии радиоизлучения, для меток радиочастотных идентификаторов в GSM-диапазоне. На вход приёмника с RF-DC-преобразователем поступает радиосигнал с антенны. Формируемое на выходе постоянное напряжение обеспечивает питание остальной части схемы. Важное преимущество такого подхода заключается в том, что в составе одной интегральной схемы могут быть реализованы и электрическая часть датчика, и ее источник питания – RF-DC преобразователь.

Базовая структурная ячейка RF-DC-преобразователя состоит из последовательности диодов или транзисторов в диодном включении и конденсаторов [2]. За счет сокращения мощности потерь в выпрямительных элементах, наращивания числа ячеек преобразователя и различных видов компенсации порогового напряжения МОП-транзисторов (диодов) увеличиваются эффективность преобразования мощности (ЭПМ), уровень достигаемого постоянного напряжения и чувствительность преобразователя к низкой мощности входного радиосигнала.

Цель работы состоит в разработке и исследовании преобразователя энергии радиочастотных сигналов в постоянное напряжение при помощи САПР Cadence Virtuoso с использованием транзисторов КНД КМОП-технологии фабрики XFAB с минимальной длиной канала 500 нм. Для достижения цели работы выполнены следующие *задачи:* выбор типа преобразователя, определение оптимальных геометрических размеров элементов преобразователя и количества его ступеней, разработка и моделирование его топологии с учетом паразитных эффектов, расчет входной согласующей цепи и исследование ее влияния на работу преобразователя.

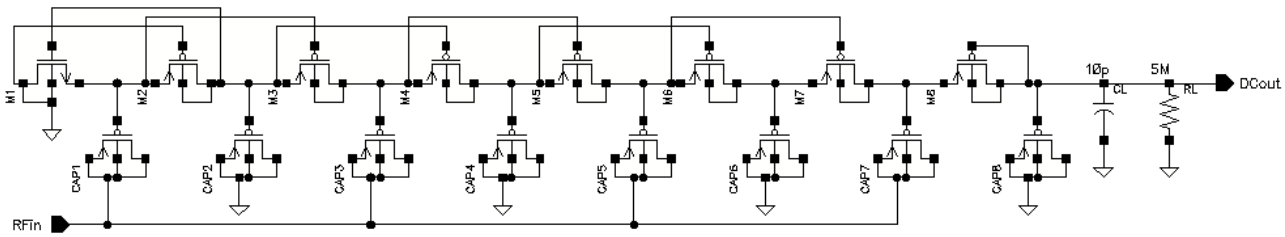


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя на основе 4 ячеек с нагрузкой

Из известных схемотехнических решений выбрана структура многоступенчатого удвоителя напряжения Диксона в интегральном исполнении с внутренней пассивной компенсацией на уровне схемы (самокомпенсация) в виде гибридной компенсации первого порядка [3]. Данный выбор обусловлен простотой структуры, небольшой площадью, занимаемой преобразователем на кристалле, и преимуществами самокомпенсации. В многоступенчатых выпрямителях на основе МОП-транзисторов n-типа при подключении вывода подложки к земляной шине пороговое напряжение транзисторов в диодном включении возрастает с каждой ступенью преобразователя. Динамичное управление потенциалом подложки требует вспомогательных схем и приводит к нежелательному току утечки. При использовании технологического процесса с формированием двух изолирующих p-n переходов у транзисторов в диодном включении возрастает паразитная емкость, что является причиной уменьшения ЭПМ. Исследуемая схема преобразователя построена на основе p-транзисторов в диодном включении, для которых отсутствует нежелательный эффект влияния подложки. Каждый из этих транзисторов выполнен в собственном n-кармане. Пороговое напряжение компенсируется благодаря подключению затвора p-транзистора к истоку предыдущего транзистора, потенциал которого ниже потенциала истока текущего

транзистора. Так как первый транзистор структуры остается нескомпенсированным, он заменяется на n-транзистор с подключением затвора к стоку следующего p-транзистора. Пороговое напряжение последнего транзистора не компенсируется для уменьшения утечки в закрытом состоянии. Схема преобразователя на основе четырех ячеек с нагрузкой в виде резистора сопротивлением 5 МОм и сглаживающего конденсатора емкостью 10 пФ представлена на рис. 1.

Результаты. В результате временного анализа преобразователя с различным числом ячеек произведена оптимизация размеров транзисторов в диодном включении и МОП-конденсаторов для получения максимальной ЭПМ, т.е. максимального постоянного напряжения на фиксированном сопротивлении нагрузки. Для создания топологии выбрана схема из четырех ячеек и такими размерами элементов, что напряжение на выходе достигает значения 0,5 В при амплитуде входного радиосигнала 50 мВ на частоте 900 МГц. На рис. 2 представлен вид топологии данного преобразователя с контактными площадками после прохождения проверок и этапа экстракции топологии. Контакты выводов транзисторов и МОП-конденсаторов выполнены в первом слое металла. Для сокращения длины проводников и общей площади кристалла элементы преобразователя расположены на минимально допустимом расстоянии друг от друга.

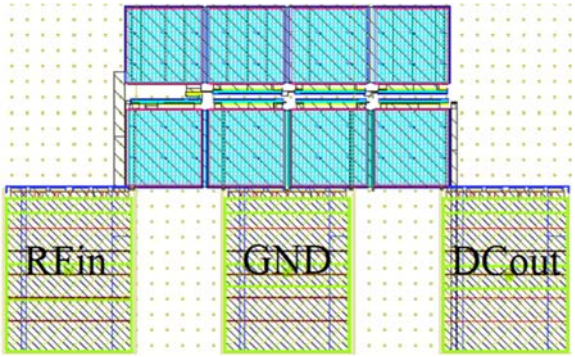


Рис. 2. Топология преобразователя с контактными площадками

Паразитные элементы топологии оказывают сильное влияние на работу преобразователя, что подтверждают временные диаграммы выходного напряжения при различных амплитудах входного радиосигнала (рис. 3). Для согласования с антенной 50 Ом измерен входной импеданс преобразователя (рис. 4), в соответствии со значением которого рассчитана входная согласующая цепь. При согласовании π-типа из-за резонанса по напряжению возникает эффект увеличения амплитуды сигнала на входе преобразователя по отношению к амплитуде источника сигнала (рис. 5).

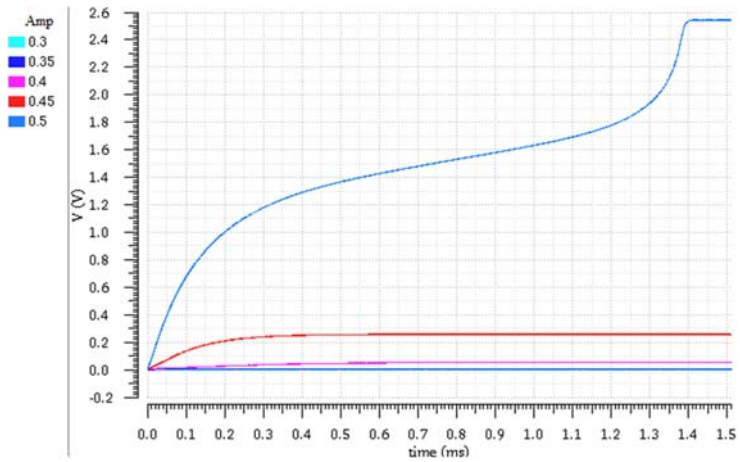


Рис. 3. Временные диаграммы выходного напряжения топологии преобразователя

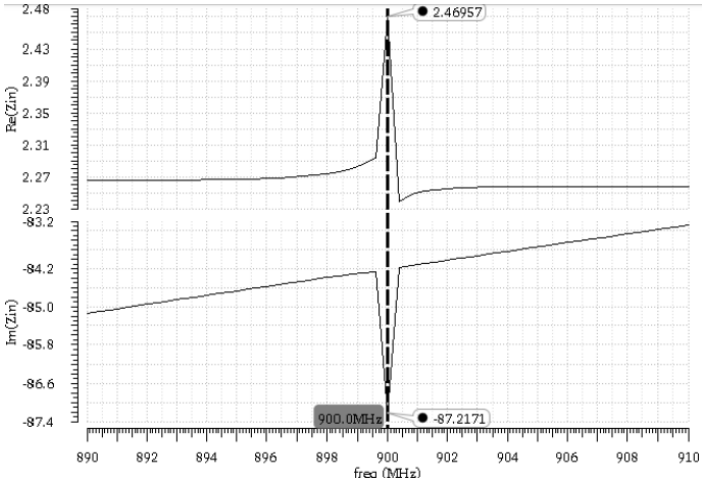


Рис. 4. Входной импеданс топологии преобразователя

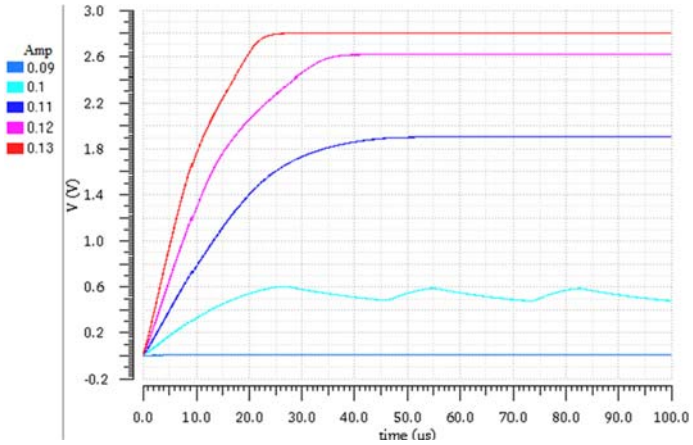


Рис. 5. Временные диаграммы выходного напряжения при согласовании

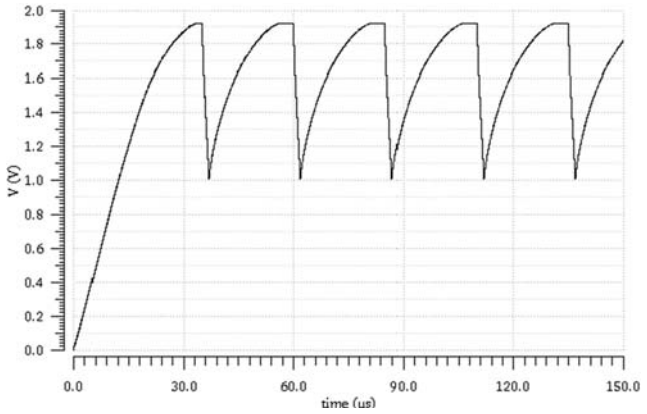


Рис. 6. Работа преобразователя в ключевом режиме с нагрузкой 100 кОм

При амплитуде входного сигнала 120 мВ на нагрузке падает напряжение 2,6 В, что соответствует ЭПМ, равной 1,9%. Низкая эффективность схемы обусловлена технологическими ограничениями при разработке топологии и параметрами используемых в работе транзисторов, которые являются критичными для применения КМОП-технологии в области преобразования энергии радиосигналов в постоянное напряжение. За счет применения RF-DC-преобразователя в сочетании с повышающим DC-DC-преобразователем можно добиться увеличения достигаемого уровня постоянного напряжения [4]. При определенном значении выходного напряжения RF-DC-преобразователя запускается

DC-DC-преобразователь, который сглаживает пульсации этого напряжения и поднимает его до уровня, требуемого для питания нагрузки.

На рис. 6 представлена диаграмма выходного напряжения при работе преобразователя в ключевом режиме с амплитудой входного сигнала 110 мВ. При замыкании ключа нагрузка с сопротивлением 100 кОм подключается к выходу преобразователя. Накопительный конденсатор емкостью 10 пФ, заряженный до установившегося напряжения 1,92 В, начинает разряжаться через нагрузку. Ключ размыкается, когда напряжение на конденсаторе падает до значения 1 В.

Выводы. Одним из развивающихся направлений альтернативной энергетики является использование радиочастотной энергии для питания маломощных автономных устройств. В работе исследован многоступенчатый интегральный преобразователь энергии радиочастотных сигналов в постоянное напряжение с самокомпенсацией в виде гибридной компенсации первого порядка. Для преобразователя с оптимальными геометрическими размерами элементов и количеством ступеней разработана топология, проведено моделирование с учетом паразитных эффектов, исследовано влияние входной согласующей цепи на работу преобразователя. Приведен пример работы преобразователя в режиме периодического разряда накопительного конденсатора через нагрузку.

ЛИТЕРАТУРА:

1. M. Russo, P. Šolić and M. Stella. Probabilistic modeling of harvested GSM energy and its application in extending UHF RFID tags reading range // Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 2013, vol. 27, no. 4, pp. 473–484.

2. P. Nintanavongsa et al. Design Optimization and Implementation for RF Energy Harvesting Circuits // IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 24–33.

3. Z. Hameed and K. Moez. Hybrid Forward and Backward Threshold-Compensated RF-DC Power Converter for RF Energy Harvesting // IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 2014, vol. 4, no. 3, pp. 335–343.

4. D. Michelon et al. RF Energy Harvester with Sub-threshold Step-up Converter // IEEE International Conference on RFID, Orlando, 2016, pp. 1–8.

УДК 621.383.525

А.А. Климов[1,2,3], М.А. Ременный[2,3]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН
[3]ООО «ИоффеЛЕД»

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ФОТОДИОДЫ НА ОСНОВЕ ДГС *n*-InAsSbP/*n*-InAsSb$_{0.08}$/*p*-InAsSbP ($\lambda_{0.1}$ = 4.8 мкм, 300 К)

Фотодиоды, работающие в средней ИК области спектра (λ = 3–5 мкм) находят все большее количество применений, связанных с газовым анализом и низкотемпературной пирометрией. Датчики углекислого газа на основе диодных оптопар, работающих на длинах волн около 4.2 мкм, уже применяются в медицинской технике, например, в капнографах (приборах для измерения содержания углекислого газа в выдохе пациентов) или находятся на стадиях разработки в тех применениях, где основными требованиями являются низкое энергопотребление, большой срок службы и высокое быстродействие [1]. Двухспектральные фотодиодные сборки, имеющие возможность одновременной регистрации излучения в областях 3 и 4 мкм, используются в пирометрах спектрального отношения для низкотемпературной пирометрии, обеспечивая возможность быстродействующего бесконтактного измерения температуры в условиях помех и неопределенности значений

излучательной способности измеряемого объекта [2]. В связи с этим, растет количество работ, имеющих целью создание фотоприемников, обладающих лучшими параметрами, чем существующие аналоги.

Среди многообразия различных подходов к созданию диодных фотоприемников для средней ИК области спектра использование твердых растворов InAsSb в гетероструктурах с *p*-*n*-переходом или барьерных фотоприемниках является, по-видимому, одним из наиболее перспективных направлений, что связано с металлургической стабильностью материалов A3B5, доступностью подложек для их роста [3], а также достигнутыми параметрами фоточувствительности, аналогичными параметрам лучших фотоприемников на основе материалов CdHgTe (КРТ). В частности, значение параметра удельного темнового сопротивления гетерофотодиодов с фоточувствительной областью на основе твердого раствора InAsSb, практически совпадает со значением, полученным на коммерчески доступных фотодиодах на основе КРТ, в интервале длин волн максимума фоточувствительности от 3 до 7 мкм при комнатной температуре [4].

При создании ИК фотоприемников, наиболее востребованной геометрией чипа является, так называемая «флип-чип» конструкция, обеспечивающая свободную от контактов фоточувствительную поверхность и возможность использования групповых методов сборки при изготовлении многоэлементных фотоприемников. Однако, квантовая эффективность фотоприемников, в которых реализована «флип-чип» конструкция, зависит от оптических свойств подложки, через которую осуществляется ввод излучения. В частности, межзонное поглощение в подложке n^0-InAs ограничивает коротковолновую границу фоточувствительности значением 3.5 мкм (при комнатной температуре и толщине подложки 500 мкм), а поглощение на свободных носителях при использовании легированных подложек снижает квантовую эффективность как в длинноволновой области спектра, так и в максимуме фотоответа. Уменьшение влияния подложки можно достигнуть за счет ее утоньшения, частичного или полного удаления.

Ранее, мы сообщали о результатах работы по созданию фотоприемников на основе двойных гетероструктур (ДГС) InAsSbP/InAs/InAsSbP с максимумом фоточувствительности 3.4 мкм, которые используются для детектирования углеводородов при комнатной и повышенных температурах, а также в качестве одного из фоточувствительных каналов в пирометрах спектрального отношения, используемых для контроля технологических процессов при 3D печати. Тогда для уменьшения влияния поглощения в подложке были использованы методы двусторонней фотолитографии и селективного химического травления, позволяющие удалить участок подложки над фоточувствительной областью [5].

Данная работа направлена на создание фотодиодов «флип-чип» геометрии на основе ДГС *N*-InAsSbP/*n*-InAsSb/*P*-InAsSbP, выращенных на подложках *n*+-InAs (100), с преднамеренно нелегированной фоточувствительной областью *n*-$InAs_{0.92}Sb_{0.08}$, обеспечивающей максимум фоточувствительности в области 4–4.2 мкм (300 К), в которых исключено поглощение излучения подложкой и получен широкополосный спектр фотответа в ближней и средней ИК области спектра.

Для этой цели методами многостадийной стандартной фотолитографии и «мокрого» химического травления были изготовлены чипы фотоприемников размером 400×600 мкм, с фоточувствительной областью 220×220 мкм. Для формирования *n*-контакта на минимально возможной глубине, что необходимо для обеспечения механической прочности чипа, формирование (вытравливание) «мезы», ограничивающей фоточувствительную область фотоприемника, происходило ступенчато с глубинами травления приблизительно 4.5–5, 6 и 7–7.5 мкм, при этом после каждого травления осуществлялся контроль вольт-амперной характеристики между соседними *p*-контактами. Операция травления была прекращена после достижения глубины травления 7–7.5 мкм, при которой значение темнового сопротивления соответствовало ожидаемому для данной гетероструктуры значению. Для удаления подложки

была использована разработанная нами ранее в работе [5] методика селективного химического травления арсенида индия, которая обеспечивала полное удаление подложки *n*+-InAs и резкое уменьшение скорости травления твердого раствора *N*-InAsSbP, выполняющего функцию «стопорного слоя» для процесса химического травления. Далее, чипы монтировались (припаивались) на подкристальную плату, затем на корпус TO-18 и помещались в откачиваемый криостат для проведения спектро-фотометрических измерений.

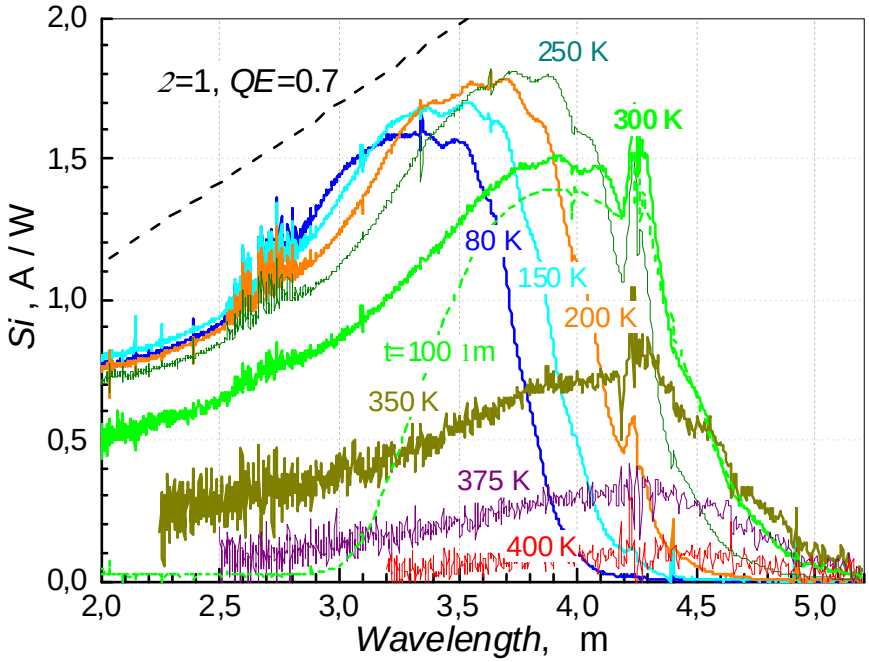


Рис. 1. Спектры фотоответа в интервале температур 80–400 К. В областях 2.7 и 4.2 мкм присутствуют искажения спектра, связанные с поглощением излучения, соответственно, парами воды и углекислым газом, на оптическом пути измерительной установки

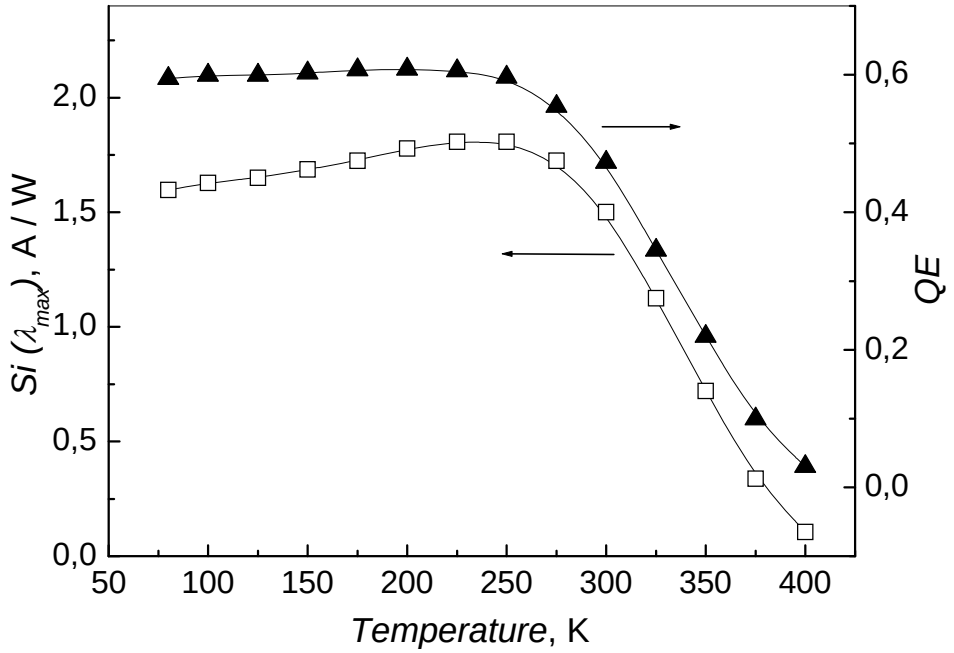


Рис. 2. Температурные зависимости токовой чувствительности *Si* (λ_{max}) и квантовой эффективности *QE* в максимуме спектра фотоответа

На рис. 1 приведены: спектры фотответа полученных фотоприемников, измеренные в интервале температур 80–400 К; спектр фотоответа, полученный на аналогичном фотоприемнике с толщиной подложки около 100 мкм (отмеченный надписью $t = 100$ μm); кривая фотоответа идеального фотоприемника с внутренней квантовой эффективностью $\eta = 1$ (значению которой соответствует значение внешней квантовой эффективности $QE = 0.7$). Как видно из сравнения с данными фотответа, полученными для фотодиода с подложкой ($t = 100$ мкм), удаление подложки привело к получению широкополосного спектра, который характеризуется пологим спадом в коротковолновой области с квантовой эффективностью около 0.5 ($\lambda = 2$ мкм, $T = 80$–250 К), а также увеличению токовой чувствительности в максимуме спектра фотоответа.

На рис. 2 приведены температурные зависимости токовой чувствительности Si (λ_{max}) и квантовой эффективности QE в максимуме спектра фотоответа, полученные на основе данных, представленных на рис. 1. Как видно, максимальное значение токовой чувствительности достигается при температуре около 250 К, при которой внешняя квантовая эффективность приближается к своему максимально возможному значению ($QE = 0.7$) и практически не меняется при дальнейшем понижении температуры.

В области повышенных температур ($T > 300$ К) наблюдается резкое уменьшение квантовой эффективности, что является обычным для фотоприемников на основе узкозонных материалов и может быть связано с рядом фактором, наиболее важными из которых являются: уменьшение эффективности разделения носителей в p-n-переходе по мере приближения собственной концентрации к концентрации основных носителей, а также уменьшение сопротивления p-n-перехода $R_{p\text{-}n}$ и соответствующее уменьшение эффективности его работы по мере приближения значения $R_{p\text{-}n}$ к значениям сопротивления прилегающих областей [6].

На рис. 3 приведены температурные зависимости длинноволновых границ фоточувствительности $\lambda_{0.1}$ и $\lambda_{0.5}$, полученные на основе данных, представленных на рис. 1, а также аппрокимация зависимости $h\nu_{0.5} = f(T)$ функцией, имеющий вид, характерный для эмпирической формулы, описывающей температурное изменение ширины запрещенной зоны арсенида индия, с соответствующим коэффициентом 0.28 мэВ/К [7]. Вероятнее всего, их близость связана с одной стороны с близостью параметров твердого раствора InAsSb с небольшим содержанием Sb к параметрам InAs, а с другой – с отсутствием эффектов, связанных с поглощением излучения в подложке.

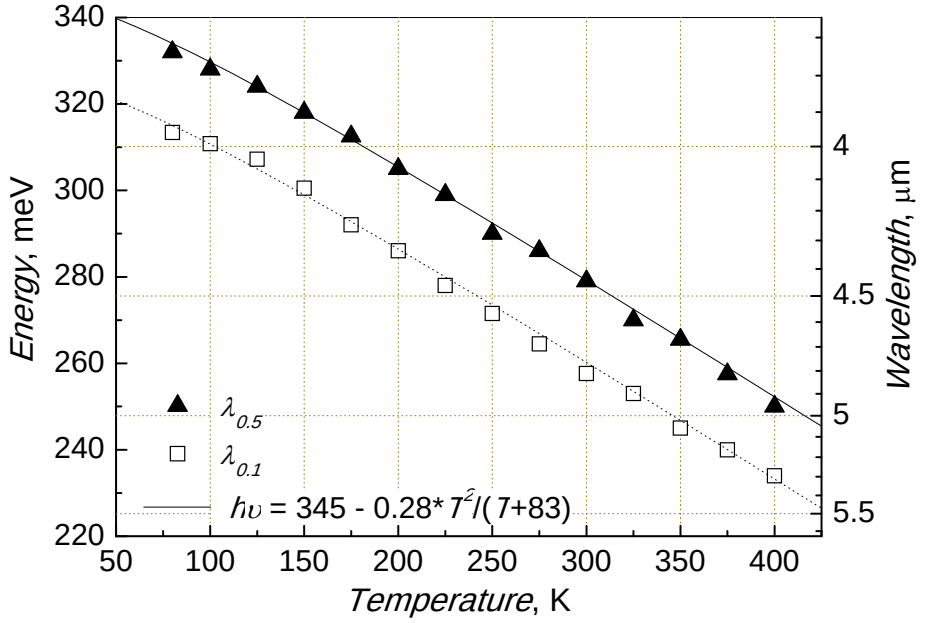


Рис. 3. Температурные зависимости длинноволновых границ фоточувствительности $\lambda_{0.1}$ и $\lambda_{0.5}$

Таким образом, показана возможность получения широкополосных фотоприемников на основе ДГС *N*-InAsSbP/*n*-InAsSb/*P*-InAsSbP, с полностью удаленной подложкой, флип-чип геометрии, фоточувствительных в области до $\lambda_{0.1} = 5$ мкм с квантовой эффективностью близкой к предельно возможным значениям при температурах 80–250 К.

Работа, выполненная в ООО «ИоффеЛЕД», поддержана проектом ФЦП (ID: RFMEFI57618X0104).

ЛИТЕРАТУРА:

1. С.Е. Александров и др., ЖТФ, 2018, Т. 88, Вып. 9, Стр. 1433–1438 // Диодные оптопары на основе InAsSb для сенсоров углекислого газа, работающих в режиме реального времени.

2. Galina Yu. Sotnikova et al., Proc of SPIE, 2011, Vol. 8073, Article No: 80731A, 9 p. // A3B5 photodiode sensors for low-temperature pyrometry.

3. A. Rogalski. Infrared Detectors. Second edition. – CRC Press, Boca Raton, 2011. – 876 p.

4. Н.Д. Ильинская и др., ЖТФ, 2018, Т. 88, Вып. 2, Стр. 234-237 // Фотодиоды на основе InAsSbP для длин волн 2.6–2.8 мкм.

5. М.А. Ременный и др., Труды 25-й юбилейной Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения (Москва, АО "НПО "Орион", 24-26 мая 2018 г. Стр. 77–79 // Широкополосные флип-чип фотодиоды на основе ДГС P-InAsSbP/n-InAs/N-InAsSbP.

6. N.D. Il'inskaya et al., Phys. Status Solidi A, 2018, Vol. 215, Article No: 1700694, 5 p. // InAs0.7Sb0.3 bulk photodiodes operating at thermoelectric-cooler temperatures.

7. И.М. Несмелова. Оптические свойства узкощелевых полупроводников. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – 158 с.

УДК 535-31; 535-41; 535.421

Д.Р. Хазвалиева[1], С.Н. Гуляев[1], Н.М. Ганжерли[2], И.А. Маурер[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

ДИФРАКЦИОННЫЕ РЕШЕТКИ С ВЫСОКОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТОЙ, ЗАПИСАННЫЕ НА БИХРОМИРОВАННОЙ ЖЕЛАТИНЕ С ПОМОЩЬЮ ОБРАБОТКИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ

В лаборатории когерентной оптики кафедры физической электроники СПбПУ совместно с ФТИ им. А.Ф. Иоффе исследовались решетки на желатиносодержащих средах – галоидосеребряных фотоматериалах и слоях бихромированной желатины (БХЖ), однако использование этих рельефно-фазовых структур ограничивается областью сравнительно низких пространственных частот $\nu \leq 200\text{-}300$ мм$^{-1}$. Представляется возможным значительно увеличить сферу применения данных рельефных структур, если увеличить пространственную частоту голографических решеток. Дифракционные решетки с высокой пространственной частотой $\nu \geq 1000$ мм$^{-1}$ применяются в качестве антиотражающих поверхностей [1–3], фильтров [1, 4], поляризационных элементов [1, 5] и модуляторов [6]. Отсюда возникает необходимость создания голографической установки (ГУ) для записи голографических решеток с частотами от 500 до 2000 мм$^{-1}$.

Необходимыми требованиями к голографической установке являются виброустойчивость, нечувствительность к температурным изменениям, а также возможность записи большого количества голограмм на одном образце для исследований характеристик голографических решеток.

Разработанная установка представляет собой стальную плиту, на которой устанавливались: 2 шестигранных элемента с приклеенными к ним зеркалами, призма и экран (см. рис. 1). Основные элементы установки были выполнены из конструкционной стали,

обладающей сравнительно малым коэффициентом теплового расширения, и прикреплялись к плите с помощью винтов диаметрами М6, М8. Призма с металлизированными гранями использовалась в качестве пространственного делителя пучка. Экран содержал небольшое квадратное отверстие 5×5 мм^2, что давало возможность записать строку микроголограмм небольшого размера путем дискретного сдвига пластинки в темноте. Возможность записи дифракционных решеток с частотами от 500 до 2000 мм$^{-1}$ осуществлялась варьированием расстояний между зеркалами, призмой и экраном (т.е. углом падения пучков θ), как показано на рис. 2.

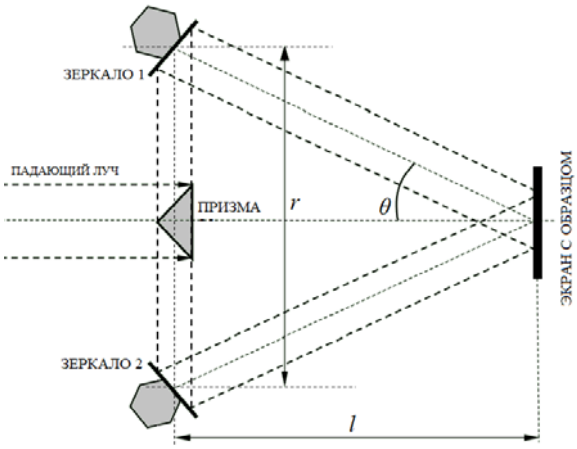


Рис. 1. Вид сверху на общую схему голографической установки. Серым цветом обозначены шестигранные элементы и призма

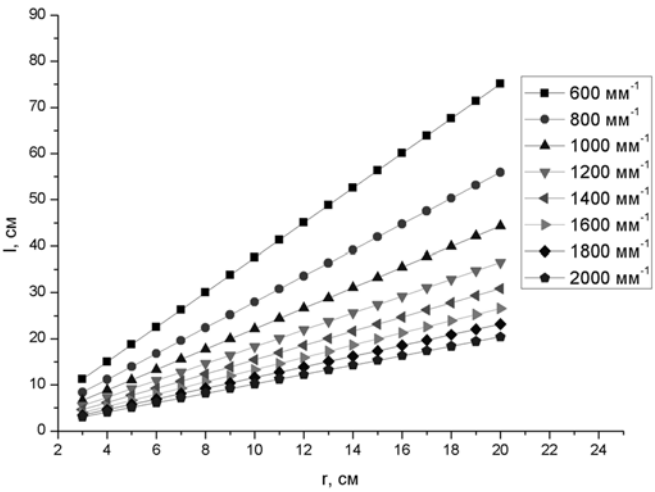


Рис. 2. Зависимость расстояния призма-экран l от расстояния между зеркалами r для He-Cd лазера (λ = 0,44 мкм) для решеток с разными частотами

В предварительном эксперименте записывались решетки с помощью He-Ne лазера (λ = 0,63 мкм) с пространственной частотой ν = 1050 мм$^{-1}$ на кафедре физической электроники СПбПУ на стандартных галоидосеребряных фотопластинках ПФГ-03М. Проявление фотопластинок происходило в специальном проявителе ГП-2 [7]. Дифракционная эффективность (ДЭ) получившихся амплитудно-фазовых решеток представлена на рис. 3 и рис. 4. При измерениях ДЭ голографическая решетка освещалась либо со стороны фотоэмульсионного слоя, либо со стороны стеклянной подложки при оптимальном угле падения пучка на голограмму.

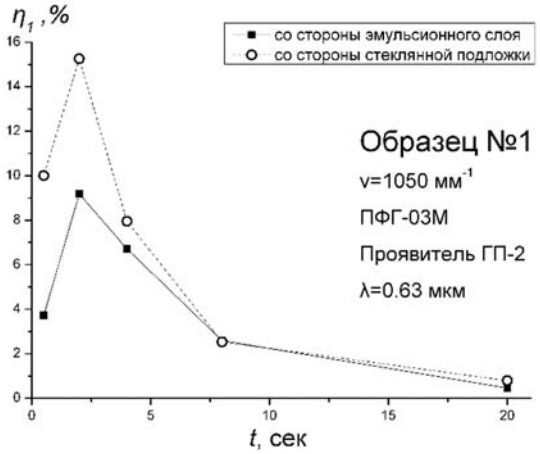


Рис. 3. ДЭ от времени экспонирования He-Ne лазером для образца №1

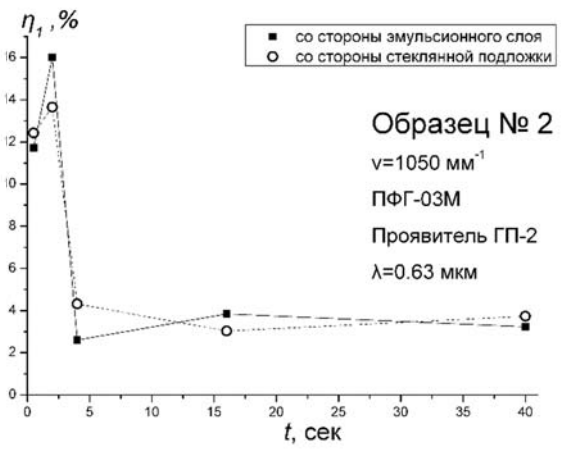


Рис. 4. ДЭ от времени экспонирования He-Ne лазером для образца №2

Несмотря на то, что условия для записи голограмм были достаточно неблагоприятные: установка помещалась на 4-ом этаже здания и для записи использовался He-Ne лазер с низкой пространственной когерентностью, была достигнута ДЭ 16%. Высокая величина полученной ДЭ амплитудно-фазовых голограмм [7] и повторяемость ее значений для разных образцов говорят о хорошей работоспособности голографической установки.

Для основного эксперимента слои БХЖ получали в лабораторных условиях в ФТИ им. А.Ф. Иоффе подобно способу, описанному в работе [8]. На подложку поливался 6%-ый водный раствор желатина, в который предварительно добавлялся бихромат аммония в количестве от 0,4 до 1,2 г на 100 мл раствора. Далее происходило экспонирование высохшего готового слоя БХЖ He-Cd лазером с длиной волны $\lambda = 0{,}44$ мкм.

После экспонирования образец обрабатывался купанием в 2%-м растворе сульфита натрия в течение 6 минут для завершения процессов дубления желатины и удаления соединений хрома из слоя БХЖ. В результате регистрировались дифракционные решетки с пространственной частотой $\nu = 1500$ мм$^{-1}$. Затем в лаборатории на кафедре физической электроники СПбПУ происходила засветка образца УФ-излучением ртутной лампой.

Основным механизмом образования рельефной структуры голограммы под действием коротковолнового УФ-излучения является фотостимулированная деструкция желатины [9]. На первом этапе получения голограммы под действием когерентного лазерного излучения (He-Cd лазер) в слоях БХЖ происходит установление большого количества поперечных связей в максимумах интерференционной картины. Фотолитически задубленные участки БХЖ будут менее подвержены разрушающему воздействию коротковолнового УФ-излучения на втором этапе обработки слоев. Следовательно, облучение слоев БХЖ коротковолновым УФ-излучением должно приводить к появлению значительного поверхностного рельефа после купания образцов в воде [9, 10], вследствие стравливания первоначально незадубленных участков желатины, находящихся в минимумах интерференционной картины.

Результаты основного эксперимента до и после облучения УФ-излучением отображены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты основного эксперимента

Образец	**Время обработки в водных растворах**	**Время экспозиции и облучения**	**ДЭ**	**Характер дифракции** (на длине волны $\lambda = 0{,}63$ мкм)	**Толщина слоя БХЖ, *T***
После экспонирования He-Cd лазером и проявления	6 мин	4 мин (когерентное излучение лазера)	0,7 %	Брэгговский характер дифракции (отсутствует второй порядок дифракции)	3,5 мкм
После засветки УФ-излучением и проявления	4 мин	24 мин (УФ-излучение ртутной лампы)	1,7 %	Дифракция Рамана–Ната (оба порядка дифракции визуально присутствуют)	2,4 мкм

Как видно из табл. 1, на решетках с высокой пространственной частотой получаются очень низкие значения ДЭ $\leq 1{,}7\%$ по сравнению со значениями ДЭ порядка 30% для низкочастотных рельефных решеток [10]. Причина этого, видимо, уменьшение высоты поверхностного рельефа, вследствие действия сил поверхностного натяжения, сглаживающих рельеф при сушке набухшего желатинового слоя. Есть два подхода к решению этой проблемы. Во-первых, это переход к тонким и сверхтонким слоям БХЖ $T \leq 1$–2 мкм. В этом случае при стравливании желатины водой, между горбами рельефа образуются участки, где подложка выходит на поверхность слоя, и силы адгезии желатины к стеклу препятствуют действию сил поверхностного натяжения. Во-вторых, применение такой обработки более толстых слоев БХЖ ($T \leq 3$–6 мкм), при которой набухание нижних слоев, лежащих на глубине более 0,5–1 мкм, отсутствовало бы.

Поскольку полив однородных сверхтонких слоев БХЖ представлял значительные экспериментальные трудности, в данной работе был выбран второй подход к решению упомянутой выше проблемы. Была предложена новая процедура обработки, в которой время купания слоев БХЖ в воде после облучения УФ-излучением было сведено к минимуму (10 сек) после чего слои быстро обезвоживались в 100% изопропаноле (2 мин).

Новый вид обработки был применен к образцам №3, 4. Результаты измерения ДЭ при нормальном угле падения пучка He-Ne лазера и оптимальном угле падения, при котором наблюдается максимум ДЭ, представлены в табл. 2. Полученные максимальные значения ДЭ в +1 порядке дифракции оказались даже больше значений ДЭ для тонких рельефно-фазовых голограмм (~30%), приведенных в [10].

Таблица 2. Результаты эксперимента с новой процедурой обработки

Третья партия образцов	**Максимальная ДЭ при оптимальном угле падения пучка, %**	**Максимальная ДЭ при нормальном падении пучка, %**		
		порядок дифракции		
		-1	**0**	**+1**
образец №3	31	8	44	6
образец №4	39	4	65	4

Для выяснения механизма дифракции света на образце №4 был проделан эксперимент с иммерсионной жидкостью. В качестве таковой было выбрано укропное масло, показатель преломления которого близок к показателю преломления желатины и равен 1,52. В эксперименте масло вводилось между слоем БХЖ и покровным стеклом от микроскопа. Это позволяло нивелировать дифракцию света за счет поверхностного рельефа. Графики зависимости ДЭ от времени экспонирования He-Cd лазером до эксперимента с иммерсионной жидкостью и после, при разных условиях освещения образца №4 пучком He-Ne лазера (λ = 0,63 мкм) приведены на рис. 5–8.

Из представленных рисунков видно, что ДЭ подавляющего числа микроголограмм независимо от угла падения освещающего пучка сильно падает при использовании иммерсионной жидкости, что говорит о преимущественно рельефном механизме дифракции света на полученных голографических структурах.

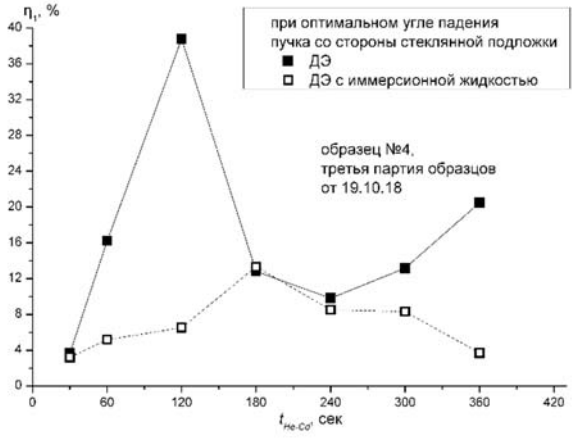


Рис. 5. Зависимость ДЭ до и после эксперимента с иммерсионной жидкостью при оптимальном угле падения пучка лазера на образец со стороны стеклянной подложки от времени экспонирования He-Cd лазером

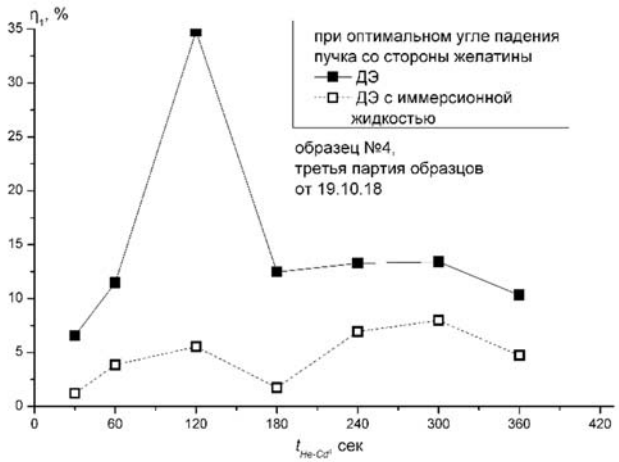


Рис. 6. Зависимость ДЭ до и после эксперимента с иммерсионной жидкостью при оптимальном угле падения пучка лазера на образец со стороны желатины от времени экспонирования He-Cd лазером

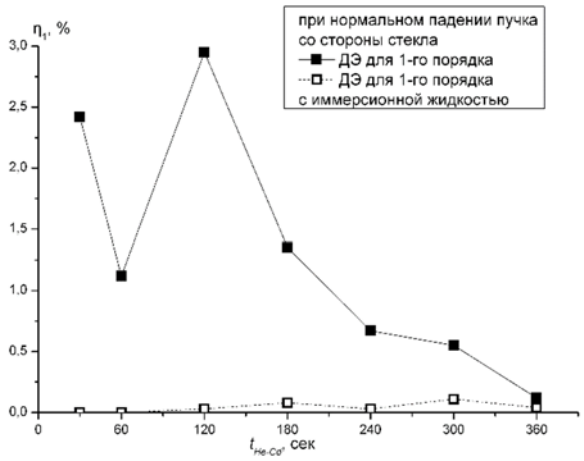


Рис. 7. Зависимость ДЭ в 1-ом порядке до и после эксперимента с иммерсионной жидкостью при нормальном угле падения пучка лазера на образец со стороны стеклянной подложки от времени экспонирования He-Cd лазером

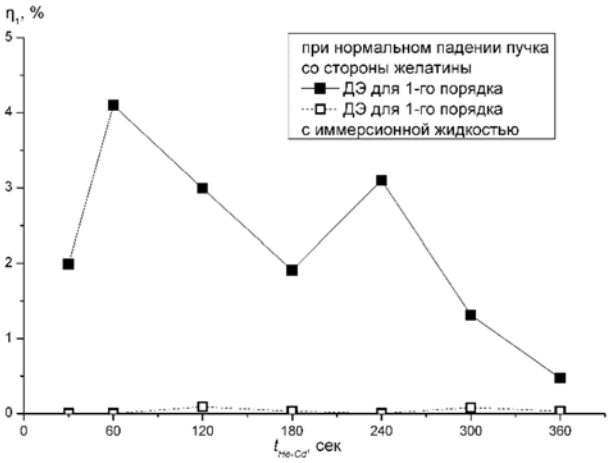


Рис. 8. Зависимость ДЭ в 1-ом порядке до и после эксперимента с иммерсионной жидкостью при нормальном угле падения пучка лазера на образец со стороны желатины от времени экспонирования He-Cd лазером

Выводы. Благодаря сконструированной в лаборатории голографической установке для записи дифракционных решеток удалось доказать эффективность нового предложенного метода обработки слоев БХЖ, облученных коротковолновым УФ-излучением. В ходе работы были получены рельефные периодические структуры с высокой пространственной частотой $\nu = 1500$ мм$^{-1}$ и дифракционной эффективностью около 40%, превышающей значения дифракционной эффективности для полученных ранее низкочастотных голографических решеток [10].

Результаты работы будут способствовать расширению сферы применения рельефных голографических решеток, регистрируемых на такой широко распространенной и обладающей высокими оптическими параметрами среде как слои БХЖ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Michihisa Onishi, Rigorous coupled wave analysis for gyrotropic materials. PhD dissertation. Doctor of philosophy. College of optical sciences, Arizona, 2011.

2. Hisao Kikuta. Optical Elements With SubWavelength Structured Surfaces / Hisao Kikuta, Hiroshi Toyota and Wanji Yu // Optical review. – 2003. – V. 10. – N. 2. – P. 63–73.

3. Michael Niggemann. et al. Periodic microstructures for large area applications generated by holography // Proc. SPIE. – 2001. – V. 4438. – P. 108–115.

4. Michael Sean Dyck Smith, Application of the Differential Method to Diffraction Gratings That Utilize Total Internal Reflection Facets. PhD dissertation. Master of science. Department of Physics, Manitoba, 1998.

5. N. Partovi Shabestari. et al. Design and fabrication of polarizing beam-splitter grating for 441.6 nm // Journal of Applied Spectroscopy. – 2013. – V. 80. – N. 4. – P. 556–559.

6. Tze Wei Ang. Optical Grating Couplers in Silicon-On-Insulator. PhD dissertation. Doctor of philosophy. The School of Electronic, Information Technology and Mathematics, Surrey, 1999.

7. Гуляев С. Н. Теория и практика изобразительной голографии: учеб. пособие / С.Н. Гуляев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 12. – 188 с.

8. Shankoff T.A. Phase holograms in dichromated gelatin// Appl. Opt. 1968. V. 7. P. 2101–2105.

9. Ганжерли Н.М., Гуляев С.Н., Маурер И.А. Влияние УФ-излучения на свойства дифракционных решеток на бихромированном желатине // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42. Вып. 19. С. 26–30.

10. Ганжерли Н.М., Гуляев С.Н., Маурер И.А. Свойства голографических структур на бихромированном желатине, подвергнутых воздействию коротковолнового УФ излучения // Оптический журнал. 2017. Т. 84. № 9. С. 1–5.

УДК 004.31:621.3.007

А.А. Алисьвяк, Ю.Н. Новиков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНТЕРНЕТ-МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ СО ВСТРОЕННЫМИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРАМИ: МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ

Задачи прикладной электроники сегодня эффективно решают, встраивая в электронные объекты микроконтроллеры (МК) семейства Ардуино (Arduino) [1]. Основные причины таковы: простота программирования и настройки МК данного семейства, удобные конструктивные решения, обилие ориентированных на Ардуино датчиков, а также модулей, расширяющих функции устройств. Немаловажны дешевизна МК семейства Ардуино, разнообразие моделей, обилие и широкая доступность учебных, справочных материалов. Сочетание этих факторов с беспроводным доступом к командам микроконтроллера инициирует разработки систем, мониторинг и управление которых реализуют дистанционно. Системы такого рода (рис. 1) сегодня востребованы, их развитие перспективно. Очевидна актуальность отражения данной тематики в образовательных программах университетов: ощущается необходимость изучения принципов действия и способов настройки таких систем, анализа их функционирования, реализации дистанционного мониторинга, управления.

Рис. 1. Блочное представление системы интерактивного мониторинга и управления

Изложенные обстоятельства побудили разработку в Политехническом университете (Санкт-Петербург) учебной модели системы дистанционного мониторинга объектов с встроенными МК семейства Ардуино [2]. Модель должна содержать существенные элементы, отражать характерные свойства, присущие реальным системам. Необходима демонстрация настройки интерактивного взаимодействия через Интернет, мониторинга состояний объектов разного рода, дистанционного управления исполнительным механизмом. Внедрение такой модели и в состав лабораторных практикумов, и в качестве иллюстраций на лекциях дисциплин электронной тематики должно способствовать обретению студентами компетенций в области создания и функционирования МК-систем, управляемых через Интернет.

Функциональная схема и состав модели. На рис. 2 показаны принципиальная схема разработанной модели и ядро устройства – микроконтроллерная плата Wemos D1 mini [3], функционирующая на базе микроконтроллера ESP 8266 (далее для краткости Wemos).

Выбор Wemos обусловлен следующим:

- принадлежностью семейству Ардуино – программируется в среде Arduino IDE,
- миниатюрностью, удобством монтажа на макетной плате,
- многими контактами, обеспечивающих реализацию широтно-импульсной модуляции,
- поддержкой Wi-Fi связи – в модуль встроена микрополосковая антенна,
- наличием встроенного разъема micro-USB для прошивки и подвода напряжения питания.

Важно, что для Wemos-D1 mini существует линейка расширений (плат shield), которые позволяют комплексировать, связывать блоки при создании специализированных устройств.

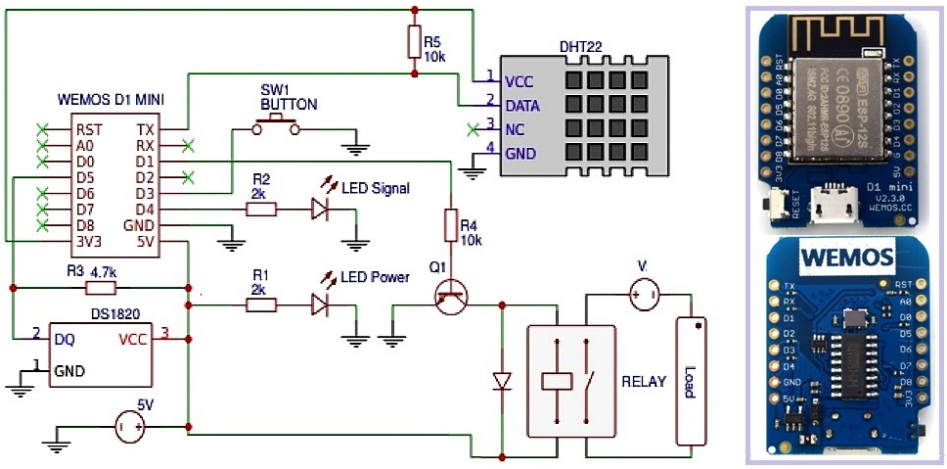


Рис. 2. Принципиальная схема модели и плата Wemos

Для формирования представления о реальных системах, в модель включены различные датчики параметров среды и исполнительные механизмы, доступ к которым реализуется посредством беспроводной сети через интерфейс смартфона.

В состав модели входит калиброванный цифровой модуль измерения температуры и влажности (Temperature-Humidity Sensor) – датчик DHT22 (рис. 3, слева). Здесь имеется и программируемый цифровой термометр – датчик DS18B20. Выбор разных, но близких по назначению датчиков позволяет наглядно демонстрировать схемы их подключения и организацию съема данных по однопроводному интерфейсу (протокол One Wire). Немаловажно, что функционирование датчиков проявляется без специальных усилий — по прикосновению. К датчику влажности достаточно поднести руку, либо приблизиться и выдержать время, в течение которого выдыхаемый воздух повышенной влажности попадет на поверхность датчика. Сходный функционал датчиков позволяет к тому же выполнить по ходу лабораторной работы сравнительный анализ качества их работы – сопоставить точности измерений.

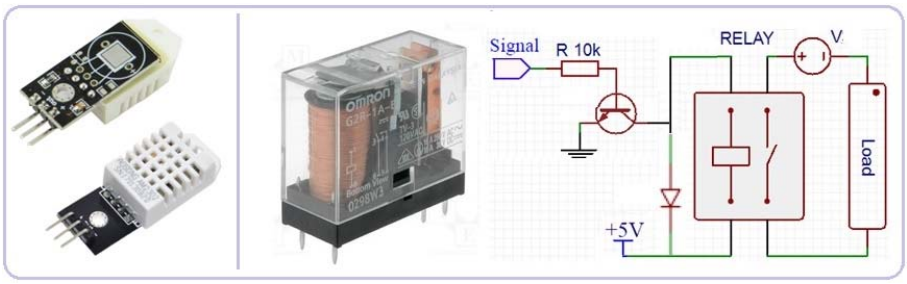


Рис. 3. Датчик температуры и влажности, реле и схема его включения

Для иллюстрации дистанционного управления исполнительным устройством подобранно электромеханическое реле, конструктивно совместимое с макетной платой (см. рис. 3). Реле смонтировано в прозрачном корпусе – о его срабатывании узнают, фиксируя замыкание контактов, которые хорошо видны, а ещё и по характерному щелчку. Напряжение питания обмотки реле 5 В, а напряжение питания МК 3,3 В. Поэтому для управления контактами сигналом с вывода Wemos реализована схема, показанная на рис. 3. Реле коммутирует напряжение источника (обозначен символом V), питающего нагрузку (Load).

Конструктивные решения. Для сборки модели выбран конструктивный формат панелек с беспаечными соединениями (панели bredboard). Этим решением снялись ограничения на соответствие контактных площадок компонент, а контактные соединения гибкими проводниками существенно облегчили конструирование и настройку изделия. Первая версия

модели (рис. 4, слева) собрана, настроена и анализировалась на DAQ-платформе NI ELVIS II (далее ELVIS, [4]), оборудованной виртуальными LabVIEW-приборами. Технологии National Instruments, представленные программно-аппаратными средствами платформы ELVIS, существенно облегчили создания модели, открыли и продолжают открывать новые пути расширения содержания, наполнения программы демонстрации функционирования. Один из примеров: дистанционное включение встроенного в ELVIS источника напряжения (variable power supplies, VPS) для питания нагрузки – таковой могут быть двигатель, вентилятор.

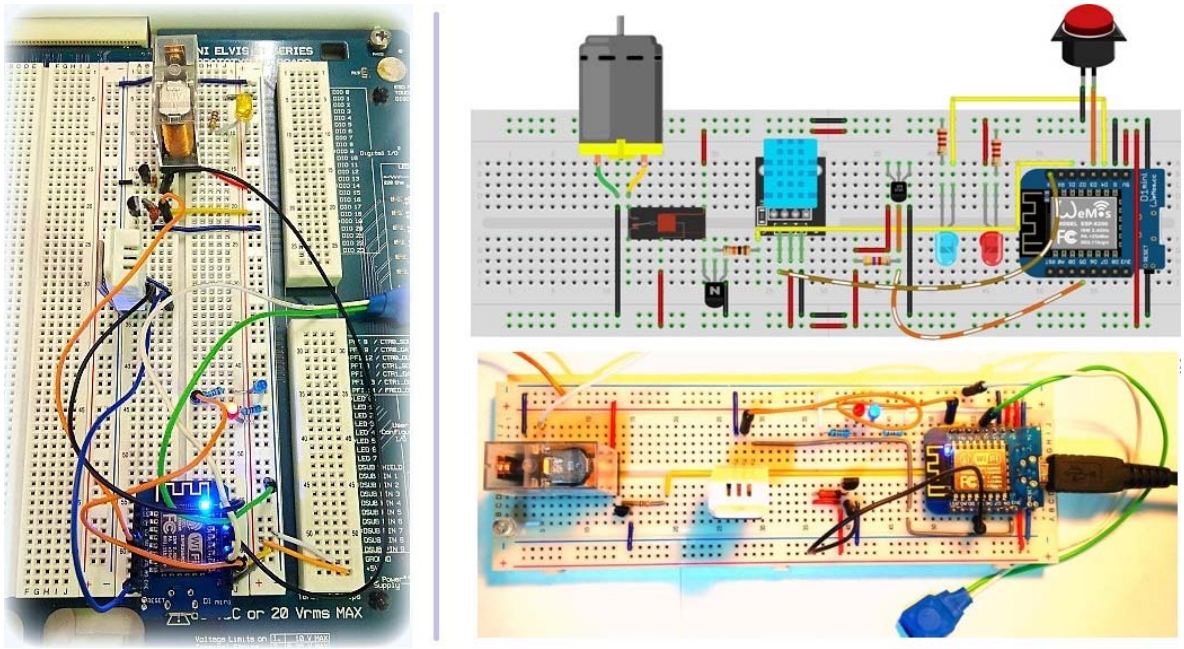


Рис. 4. Модели системы в вариантах: на ELVIS, на bredboard (портативная модель системы)

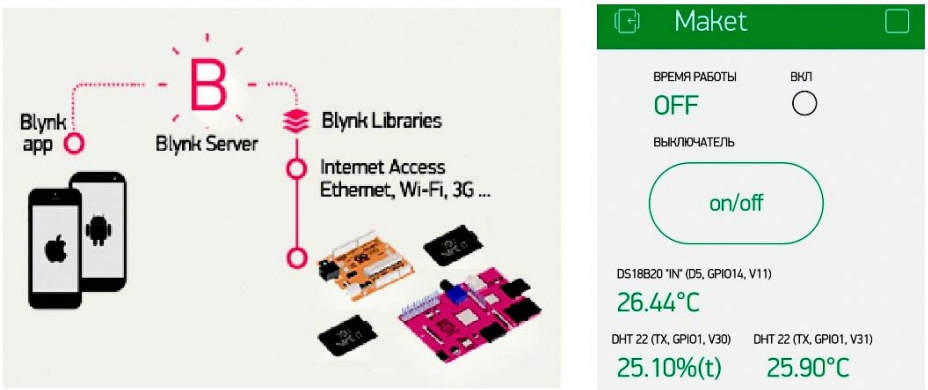


Рис. 5. Структура облака Blynk (слева), интерфейс мониторинга объектов с МК Wemos

Реализована также «автономная» версия модели системы, построенная на компактной панели bredboard (рис. 4, справа). В результате получили весьма удобное решение для лабораторного практикума и лекционных демонстраций. Из периферийных устройств здесь необходим только источник питания микроконтроллера, которое подводят через встроенный разъем micro-USB. От него же питают цепь нагрузки.

Организация интернет-мониторинга. Дистанционное управление моделью, мониторинг состояния объектов, размещенных на ней, осуществляют с телефона смартфон. Для объединения смартфона с моделью в единую систему строят клиент-серверные платформы, реализующие беспроводной обмен данными («облачные серверы»). Из существующих решений выбрана платформа Blynk (далее также – облако Blynk).

Платформа Blynk состоит из трех основных компонентов (рис. 5):

•Blynk App – устанавливается на смартфоны с iOS или Android и позволяет создавать интерфейсы проектов для управления через Интернет МК Arduino, ESP8266 и другими,

•Blynk Server – поддерживает связь между смартфоном и микроконтроллером,

•Blynk Libraries – библиотеки; ориентированы на популярные аппаратные платформы, позволяют устанавливать связь с сервером и обрабатывать входящие и исходящие команды.

Чтобы удаленный МК вошел во взаимодействие со смартфоном через Интернет, необходимо настроить МК в режиме конфигурации и подключиться к нему, как к обычной точке доступа по заранее известному адресу. А на смартфон с ОС Android предварительно устанавливают приложение Blynk App и создают интерфейс проекта, разместив на нем кнопки управления, окна данных. Составлена и входит в состав документации модели инструкция, позволяющая выполнить настройки дистанционного взаимодействия.

Заключение. Разработана модель системы Интернет мониторинга объектов с встроенным МК Wemos D1 mini (семейство Arduino). Внедрение такой системы в образовательные программы направлений электронного профиля позволит подробно демонстрировать студентам принципы построения объектов с встроенными микроконтроллерами и организацию дистанционного взаимодействия с ними через Интернет. Модель организована по принципу открытой архитектуры: не составит большого труда добавить в нее необходимые датчики и исполнительные механизмы, с тем, чтобы приблизить содержание наблюдаемых и управляемых процессов к тематике, актуальной для конкретной дисциплины [5].

Благодарим Центр «National Instruments – Политехник» Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и директора Центра Андрея Викторовича Медведева за содействие в выполнении проекта, за предоставленные программно-аппаратные средства компании National Instruments. Благодарим компанию ООО Топвей Ассист за предоставленное оборудование, компоненты и консультации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс «МК семейства Ардуино в России». – URL: http://arduino.ru.

2. Алисьвяк А.А. Дистанционный мониторинг объектов со встроенными микроконтроллерами – модель системы [Электронный ресурс]: бакалаврская работа: 16.03.01 / А. А. Алисьвяк; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций; науч. рук. Ю.Н. Новиков.

3. Микроконтроллер Wemos D1 mini примеры, подключение. – URL: http://www.ek21.ru /production/wemos-d1-mini/wemos-d1-example/.

4. Платформа NI ELVIS II (NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series). User Manual, 2011. – Электронный ресурс на сайте компании NI. – URL: www.ni.com.

5. Новиков Ю.Н. «Компьютерное моделирование электрических цепей». – В кн. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях. Уч. пособ. – СПб.: Лань, 2016.

УДК 535.232.14

И.Д. Веневцев, А.А. Стульников, П.А. Родный
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЗАВИСИМОСТЬ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И МИКРОСТРУКТУРЫ КЕРАМИК ZnO:Ga ОТ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ИСХОДНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ

Введение. Оксид цинка (ZnO) обладает рядом особенностей, которые делают его перспективным материалом для применения в оптоэлектронных устройствах, в результате чего он вызывает огромный интерес у исследователей. ZnO может использоваться в различных формах: порошки, кристаллы, тонкие пленки, наноиглы и др. При этом обычно в

нем регистрируются две полосы люминесценции: фиолетовая люминесценция, расположенная вблизи края фундаментального поглощения (краевая люминесценция, КрЛ) и так называемая зеленая люминесценция (ЗЛ) [1]. Пик КрЛ расположен около 377 нм, и его постоянная спада составляет около 0.7 нс [1]. ЗЛ имеет широкую полосу свечения с максимумом при 500–550 нм и временем свечения в диапазоне нескольких микросекунд. КрЛ возникает в результате излучательной рекомбинации различных типов экситонов [1]. ЗЛ возникает в результате рекомбинации электронов на центрах люминесценции, в качестве которых рассматривались вакансии цинка VZn [2], вакансии кислорода VO [3] и другие собственные дефекты ZnO [1,4]. КрЛ оксида цинка обладает наименьшим временем спада среди неорганических люминофоров и сцинтилляторов, что делает этот материал перспективным для использования в быстродействующих детекторах гамма - квантов и рентгеновского излучения. Выращивание сцинтилляционных кристаллов на основе оксида цинка сопряжено с рядом трудностей, поэтому более перспективным является создание ZnO-керамик [5]. Для увеличения интенсивности быстрой КрЛ в ZnO обычно вводят примесь галлия или индия [6].

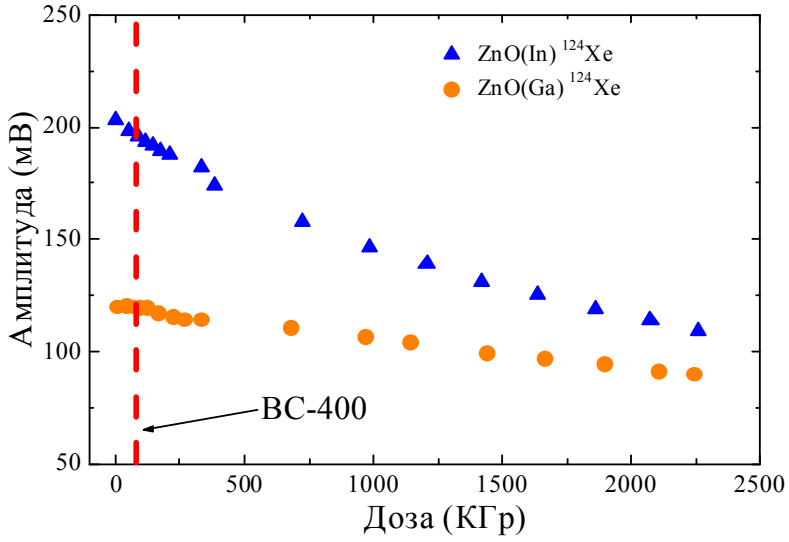


Рис. 1. Радиационная стойкость керамик ZnO:Ga и ZnO:In в сравнении с органическим сцинтиллятором

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-52-76002, основной целью которого является разработка сцинтиллятора на основе ZnO для использования в системе контроля пучка ускорителя тяжелых ионов в центре по изучению тяжелых ионов имени Гельмгольца. В данный момент в системе контроля пучка используется органический сцинтиллятор ВС-400, который имеет постоянную спада сцинтилляции 1.8 нс. Основной проблемой является его низкая радиационная стойкость. ВС-400 полностью теряет свои сцинтилляционные свойства уже при дозах в 200 кГр. Были проведены предварительные исследования радиационной стойкости керамик ZnO:Ga и ZnO:In, полученных ранее. Из рис. 1 видно, что световыход образцов падает примерно вдвое при дозах в 2000 кГр, что значительно превосходит соответствующую стойкость ВС-400. Постоянная спада КрЛ ZnO при этом составляет всего 0.7 нс, что также является преимуществом по сравнению с органическим сцинтиллятором.

Ранее методом горячего одноосного прессования удалось получить качественную оптически прозрачную керамику [5] из микроразмерного порошка ZnO. Легирование при этом производилось добавлением порошка Ga_2O_3 в исходный порошок ZnO. Данный способ сопряжен с рядом трудностей, главной из которых является значительное различие морфологии и примесного состава порошков разных производителей, что ухудшает

воспроизводимость результатов. Использование наноразмерных порошков может решить эту проблему, так как они производятся осаждением из раствора солей галлия и цинка с последующим отжигом для удаления кислотных остатков. Полученные порошки имеют одинаковую морфологию и значительно более равномерное распределение примеси по своему объему. Помимо этого, увеличенная поверхностная активность должна приводить к улучшенному спеканию, что позволит снизить температуру прессования.

Цель работы. В данной работе рассмотрены оптические и люминесцентные свойства трех образцов. Эталонный образец ZnO:Ga, изготовленный из микропорошка, и два образца ZnO:Ga, изготовленные из нанопорошков (один из них был синтезирован на воздухе, другой, в атмосфере кислорода). Были проанализированны спектры рентгенолюминесценции (РЛ) и полного пропускания образцов, кинетики РЛ. Целью работы являлся анализ влияния условий синтеза нанопорошков на оптические свойства изготавливаемых керамик и выработка рекомендаций по их улучшению.

Экспериментальная часть. Измерения кривых полного пропускания образцов проводились с помощью двухлучевого спектрофотометра SPECORD 200 PLUS, оснащенного интегрирующей сферой. Измерения спектров рентгенолюминесценции были проведены при постоянном рентгеновском возбуждении (40 кВ, 10 мА). Регистрационная часть установки состояла из монохроматора МДР–2 и системы счета фотонов Hamamatsu H8259-01.

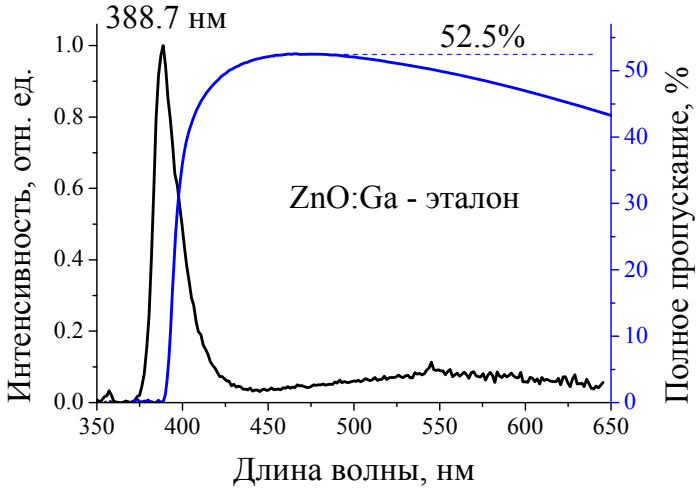


Рис. 2. Спектр РЛ и спектр полного пропускания керамики ZnO:Ga, изготовленной из микроразмерного порошка

На рис. 2 приведены спектры рентгенолюминесценции и полного пропускания эталонной керамики ZnO:Ga, полученной ранее из микропорошков. Максимум КрЛ лежит при длине волны 388.7 нм. Видно, что спектр пропускания захватывает только часть спектра излучения, что приводит к значительному поглощению сцинтиллятором собственного излучения. Это накладывает ограничение на использование керамик ZnO:Ga большого объема, так как оптическое излучение, рожденное в глубине образца, будет полностью им поглощаться. Также стоит отметить, что полоса ЗЛ в данном случае подавлена не полностью.

На рис. 3 показаны кривые спада керамик ZnO:Ga. Для обеих керамик основная доля световыхода соответствует экситонной компоненте люминесценции. Время спада КрЛ для новой керамики совпадает со временем спада эталонной. При этом видно, что в новой керамике доля ЗЛ практически на порядок меньше.

На рис. 4а и 4б приведены спектры РЛ и полного пропускания керамик, спрессованных из нанопорошков, синтезированных на воздухе (образец 1) и в атмосфере кислорода (образец 2), соответственно. Видно, что у образца 1 полоса КрЛ находится при той же длине волны, что и у эталонного. Интенсивность КрЛ образца 1 в 4 раза выше, а ширина полосы на 5 нм больше.

Полное пропускание у образца 1 более чем в три раза хуже, чем у эталона. Перекрытие спектров РЛ и полного пропускания при этом имеет тот же порядок. Аналогичный анализ можно произвести и для образца 2 (рис. 4б). Из рисунка видно, что отжиг в кислороде ухудшает люминесцентные свойства керамики. Образец, изготовленный из порошка, синтезированного в кислороде, имеет интенсивность экситонной люминесценции ниже эталонной и при этом обладает повышенной зеленой люминесценцией. Максимум экситонной люминесценции находится на длине волны 390.1 нм. Вместе со смещением полосы РЛ, произошло также и красное смещение полосы пропускания. При этом граница пропускания сместилась сильнее, уменьшив перекрытие с КрЛ.

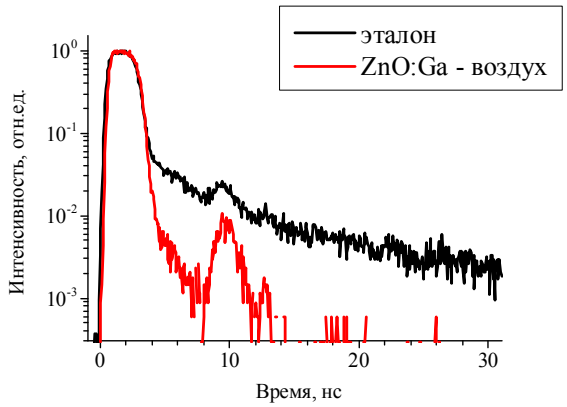


Рис. 3. Сравнение кривых спада РЛ эталонного образца и образца керамики ZnO:Ga из наноразмерного порошка, синтезированного в воздухе

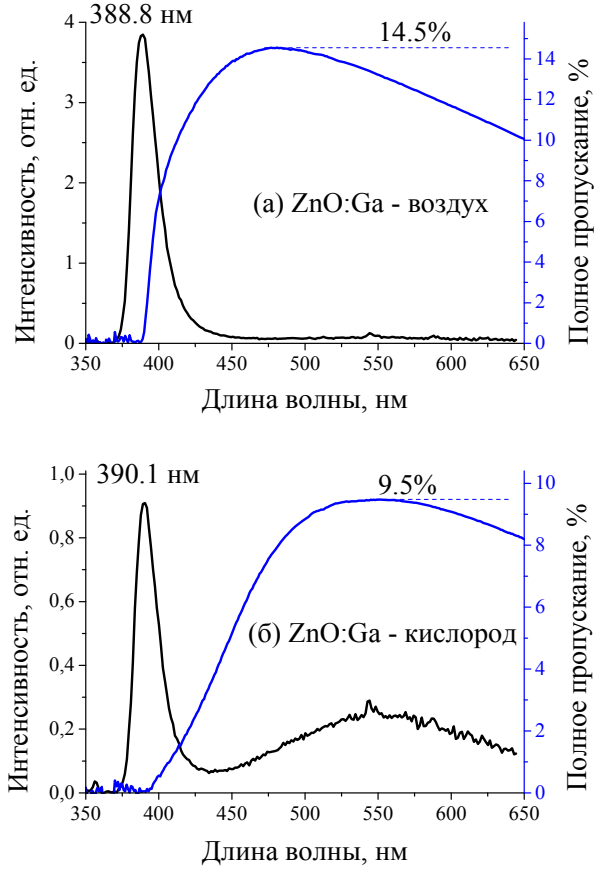


Рис. 4. Спектр РЛ и спектр полного пропускания керамик ZnO:Ga, изготовленных из наноразмерных порошков, синтезированных в воздухе (а) и в атмосфере кислорода (б)

(а) (б)

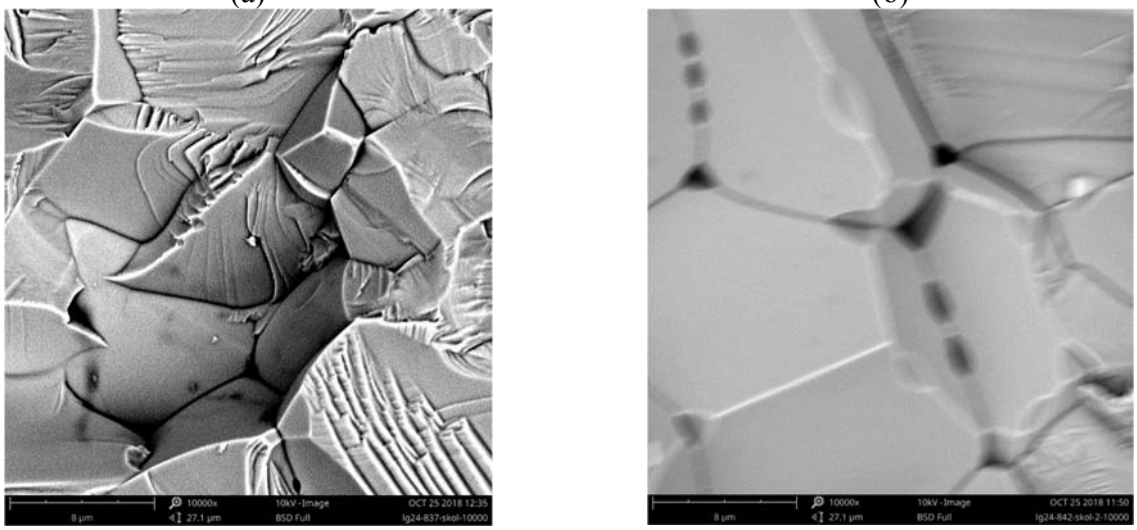


Рис. 5. SEM фотографии со сколов керамик ZnO:Ga, изготовленных из наноразмерных порошков, синтезированных в воздухе (а) и в атмосфере кислорода (б)

На рис. 5 приведены SEM фотографии сколов керамик ZnO:Ga. Из графиков видно, что в керамике, спрессованной из порошка, синтезированного в кислороде, размер зерен больше, чем в керамике из порошка, синтезированного в воздухе. С одной стороны, это должно было привести к более высокой прозрачности, с другой, стороны, в данной керамике также присутствует большое число пор между зернами. Это может объяснить низкое пропускание, так как наличие пор значительно повышает число граней, на которых происходит рассеяние излучения образца, в результате чего меньшая доля света покидает керамику.

Выводы. При синтезе исходного нанопорошка в воздухе соответствующая керамика имеет большую интенсивность КрЛ, что говорит о перспективности данного метода получения. Необходимо решить проблему низкой прозрачности керамик. Как было показано на рис. 5, низкое пропускание может быть следствием большой остаточной пористости, частично связанной с агломерацией зерен нанопорошка и с наличием адсорбированного на поверхности газа, который не успевает полностью выйти из керамики в процессе прессования. Синтез в кислороде привел к ухудшению свойств керамики. Возможно, синтез порошка в вакууме произведет обратный эффект. Также одной из предполагаемых причин является наличие остаточной примеси углерода, связанной с использованием ацетата цинка для приготовления порошка. Решением в таком случае будет замена ацетата на нитрат.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-52-76002.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ozgur U., Alivov Ya.I., Liu C., Teke A., Reshchikov M.A., Doğan S., Avrutin V., Cho S.-J., Morkoc H. «A comprehensive review of ZnO materials and devices», J. Appl. Phys., V. 98, P. 041301, 2005.

2. Chen H., Gu S., Tang K., Zhu S., Zhu Zh., Ye J., Zhang R., Zheng Y., «Origins of green band emission in high-temperature annealed N-doped ZnO», J. Lumin., V. 131, N. 6, p. 1189, 2011.

3. Wang Y., Yang B., Can N., Townsend P.D., «Correlations between low temperature thermoluminescence and oxygen vacancies in ZnO crystals», J. Appl. Phys., V. 109, P. 053508, 2011.

4. Thomas D.G. « The exciton spectrum of zinc oxide», J. Phys. Chem. Solids, V. 15, p. 86, 1960.

5. Горохова Е.И., Родный П.А., Черненко К.А., Ананьева Г.В., Еронько С.Б., Орещенко Е.А., Ходюк И.В., Локшин Е.П., Куншина Г.Б., Громов О.Г., Лотт К.П., «Структурные, оптические и сцинтилляционные характеристики ZnO-керамик», Оптический журнал, Т. 78, № 11, С. 66, 2011.

6. Yanagida T., Fujimoto Y., Yoshikawa A., Yokota Y., «Scintillation Properties of In Doped ZnO With Different In Concentrations», IEEE Transactions Nuclear Science, V. 57, P. 1325–1328, 2010.

УДК 004.02

А.Н. Сергеенко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТЕЙ МЕТОДА ПЕРЕБОРА И АЛГОРИТМА, ОСНОВАННОГО НА ДНК-ВЫЧИСЛЕНИЯХ, НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О КОММИВОЯЖЕРЕ

Задача о коммивояжере является классической задачей комбинаторной оптимизации. Она относится к числу NP-сложных и трансвычислительных задач, то есть она не может быть решена методом перебор для числа городов, больших 66, за время, меньшее возраста Вселенной [1]. На текущий момент существуют несколько путей ее решения, таких как: простейший перебор, муравьиный алгоритм [2], генетический алгоритм [3], алгоритм динамического программирования [4] и др., однако большинство из них имеют экспоненциально растущую сложность. В 1994 году [5] Эдлман показал, что существует еще один возможный алгоритм нахождения кратчайшего пути, основанный на ДНК-вычислениях, трудоемкость которого не растет экспоненциально в зависимости от объема входных данных.

Поиск новых способов решения задачи о коммивояжере и сравнение их трудоемкостей представляет собой как фундаментальный интерес, так как на их основе возможно построить принцип работы новых компьютеров, так и практический задачи о построении оптимальных схем движений, распознавании траекторий, образов решаются с помощью задачи о коммивояжере.

В этой работе теоретически исследуется метод решения задачи с помощью ДНК-вычислений, а также сравнивается его трудоемкость с трудоемкостью метода перебора.

Предположим, что требуется найти кратчайший маршрут из Санкт-Петербурга в Москву с учетом того, что необходимо побывать единожды во Владимире, Ярославле, Костроме, Суздале и Иванове, причем возможные варианты передвижения следующие: СПб-Москва, СПб-Ярославль, СПб-Кострома, Ярославль-Суздаль, Ярославль-Кострома, Суздаль-Иваново, Суздаль-Владимир, Владимир-Ярославль, Кострома-Ярославль, Кострома-Владимир, Иваново-Кострома, Иваново-Владимир, Иваново-Москва.

Таблица 1. Последовательности нуклеотидов, соответствующих городам

Город	Последовательность нуклеотидов
СПб	TCAGTACCAG TACAGTCACA
Москва	GTACATAACA TAGCATCGCT
Ярославль	TCAGTATGCT CAGATAAAGG
Суздаль	CATAGGGCAC ACATATAGTA
Владимир	GATCCCATAC AACAGATGCA
Кострома	TTCAGTAGCA TGGCATATAA
Иваново	GATACCTATA GAAACCGATG

С помощью ДНК-вычислений можно построить следующее решение этой задачи: пусть каждому городу соответствует некоторая случайная последовательность 20 нуклеотидов, указанная в табл. 1. Тогда для возможных путей передвижения запишем следующие последовательности, построенные по такому принципу: от города отправления берется комплементарная ему вторая половина нуклеотидов, от города прибытия – комплементарная ему первая половина (табл. 2). Выбор числа нуклеотидов основан на следующих предположениях: во-первых, количество возможных последовательностей из 20 нуклеотидов составляет 4^{20}, из-за чего вероятность нахождения ложной комплементарной последовательности мала; во-вторых, будет редко происходить образование шпильки.

На следующем этапе необходимо добавить все последовательности нуклеотидов, соответствующие городам и путям передвижения, а также лигазы в одну пробирку. Благодаря комплементарности и действию лигаз одновременно образуются двухцепочечные ДНК, которые будут означать всевозможные варианты маршрутов (табл. 3).

Таблица 2. Последовательности нуклеотидов, соответствующих возможным путям передвижения

Возможный путь	Последовательность нуклеотидов
СПб-Москва	ATGTCAGTGT CATGTATTGT
СПб-Ярославль	ATGTCAGTGT AGTCATACGA
СПб-Кострома	ATGTCAGTGT AAGTCATCGT
Ярославль-Суздаль	GTCTATTTCC GTATCCCGTG
Ярославль-Кострома	GTCTATTTCC AAGTCATCGT
Суздаль-Иваново	TGTATATCAT CTATGGATAT
Суздаль-Владимир	TGTATATCAT CTAGGGTATG
Владимир-Ярославль	TTGTCTACGT AGTCATACGA
Кострома-Ярославль	ACCGTATATT AGTCATACGA
Кострома-Владимир	ACCGTATATT CTAGGGTATG
Иваново-Кострома	CTATGGATAT AAGTCATCGT
Иваново-Владимир	CTATGGATAT CTAGGGTATG
Иваново-Москва	CTATGGATAT CATGTATTGT

Таблица 3. Пример двухцепочечной ДНК, где первая строка – возможный путь (СПб-Москва), вторая строка – присоединившиеся в результате образования водородных связей между комплементарными основаниями города (СПб, Москва)

	ATGTCAGTGT	CATGTATTGT	
TCAGTACCAG	TACAGTCACA	GTACATAACA	TAGCATCGCT

Далее, с помощью ПЦР необходимо увеличить количество ДНК-молекул с началом и концом в заданных городах (СПб, Москва). В качестве праймеров для нашей задачи нужно взять TACAGTCACA и GTACATAACA. В ходе ПЦР помимо копирования нужных нам маршрутов будут также накапливаться маршруты, начинающиеся в СПб, но не заканчивающиеся в Москве, а также наоборот. Стоит отметить, что скорость копирования таких молекул будет заметно ниже, так что после ПЦР мы получим преобладающее количество нужных нам ДНК-молекул. Потом необходимо отобрать молекулы, которым соответствует нужное нам количество городов, так как по условию задачи нужно посетить все города по одному разу. Для этого отсортируем ДНК молекулы по длине с помощью электрофореза. После следует этап проверки посещения всех городов. Для этого используется метод аффинной хроматографии: ДНК-молекулы проверяются на наличие городов поочередно. На выходе мы получаем только те молекулы, которые содержат нужные нам последовательности в правильном количестве и порядке. На последнем этапе остается только секвенировать ДНК-молекулы и сопоставить полученные последовательности нуклеотидов с возможными путями. Эти последовательности являются решением задачи о коммивояжере. В нашем случае, единственной правильной последовательностью будет ATGTCAGTGTAAGTCATCGTACCGTATATTCTAGGGTATGTTGTCTACGTAGTCATACG AGTCTATTTCCGTATCCCGTGTGTATATCATCTATGGATATCTATGGATATCATGTATTG T, соответствующая следующему маршруту: СПб-Кострома-Владимир-Ярославль-Суздаль-Иваново-Москва.

Трудоемкость проведения методов не зависит от количества городов N и является константой. Однако сложность алгоритма ДНК-вычислений растет как $(N + 500)$ в связи с необходимостью сопоставления последовательности нуклеотидов городам и путям

передвижения. Трудоемкость метода перебора в случае несимметричной задачи растет как $(N-1)!$. Выбор константы для расчета трудоемкости алгоритма ДНК-вычислений является оценочным и обусловлен нормировкой на метод перебора, так как для проведения ПЦР, электрофореза, аффинной хроматографии и секвенирования ДНК требуется определенное постоянное количество времени.

На рис. 1 представлено сравнение трудоемкостей для алгоритма, основанного на ДНК-вычислениях и алгоритма перебора. Наблюдается существенное увеличение сложности для решения при увеличении количества городов при переборе вариантов, в то время как время для решения задачи о коммивояжере с помощью ДНК-вычислений растет линейно и является реальным даже при больших N.

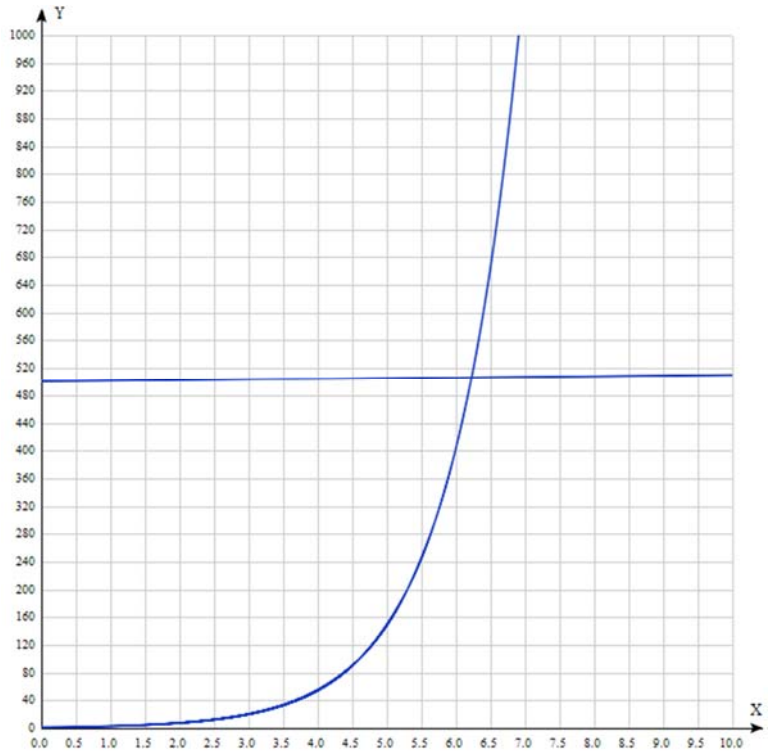


Рис 1. Трудоемкости алгоритма, основанного на ДНК-вычислениях, (прямая линия) и метода перебора (экспоненциальная кривая)

Таким образом, из графика видно, что при количестве городов, меньших 6, быстрее будет работать метод перебора, в то время как уже при 7 городах целесообразнее использовать алгоритм, основанный на ДНК-вычислениях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Klir, George J. Facets of systems science. – Springer, 1991. – P. 121–128.

2. L Bianchi, L.M. Gambardella et M. Dorigo. An ant colony optimization approach to the probabilistic traveling salesman problem, PPSN-7, Seventh International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, Berlin, Allemagne, 2002.

3. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. – The University of Michigan Press, University of Michigan, AnnArbor, 1975.

4. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. – С. 258–264.

5. L.M. Adleman. Molecular Computation of Solutions to Combinatorial Problems. – Science, New Series, Vol. 266, No. 5187 (Nov. 11, 1994), pp. 1021–1024.

ИНСТИТУТ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 531.012:621.835.2

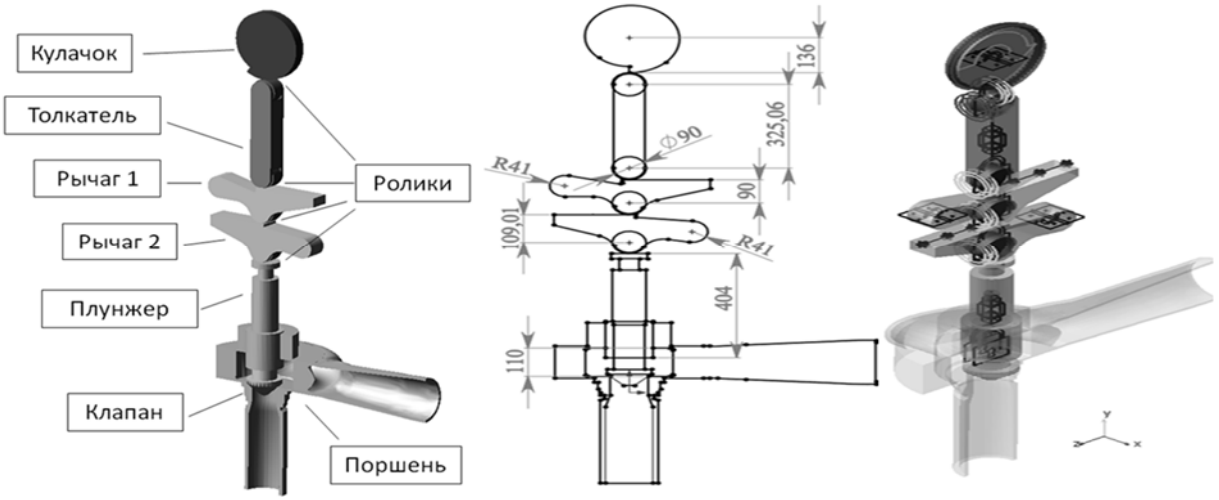
М.И. Савельева, И.А. Керестень, И.Б. Войнов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ РЕГУЛИРОВОЧНОГО КЛАПАНА УПРАВЛЕНИЯ ПАЛУБНОГО АЭРОФИНИШЕРА

Актуальность. В настоящее время кулачковые механизмы широко используются в качестве составных частей разрабатываемых машин и механизмов. С помощью кулачка можно реализовать законы движения высокой сложности, что обосновывает актуальность его применения [1]. Объектом исследования является кулачковый механизм регулировочного клапана управления тормозной системы палубного полиспастно-гидравлического аэрофинишера, предназначенного для осуществления торможения летального аппарата.

Для управления процессами торможения летательных аппаратов в составе палубного аэрофинишера используется клапан управления и кулачковый механизм регулировки степени его закрытия в зависимости от перемещения гидроцилиндра гидротормоза. Программа управления давлением в гидроцилиндре в процессе работы палубного полиспастно-гидравлического аэрофинишера определятся профилем кулачка и величиной уставки (горизонтальное смещение w рычага 1, см. рис. 1, а) [2].

Цели и задачи работы. Статья посвящена исследованию влияния контактного взаимодействия на кинематику кулачкового механизма. Основной задачей работы является определение жесткости регулировочного клапана управления при различных конфигурациях горизонтального смещения w рычага 1. В рамках работы будет использоваться программная система ADAMS, предназначенная для моделирования работы машин и механизмов и программная система конечно-элементного анализа ANSYS.



а) CAD-модель б) продольный эскиз с указанием габаритных размеров в) расчетная MBD-модель

Рис. 1. Описание регулировочного клапана управления

Описание объекта исследования. В верхней части регулировочного клапана управления расположен кулачок, который может вращаться вокруг оси вращения, соответствующей центру профиля (см. рис. 1). Толкатель и плунжер допускают возвратно-поступательные движения. Рычаг 1 и рычаг 2 шарнирно закреплены и могут совершать повороты вокруг осей шарнирного закрепления рычагов. Конструктивное исполнение регулировочного клапана

управления допускает предварительную настройку рычага 1 путем его горизонтального позиционирования.

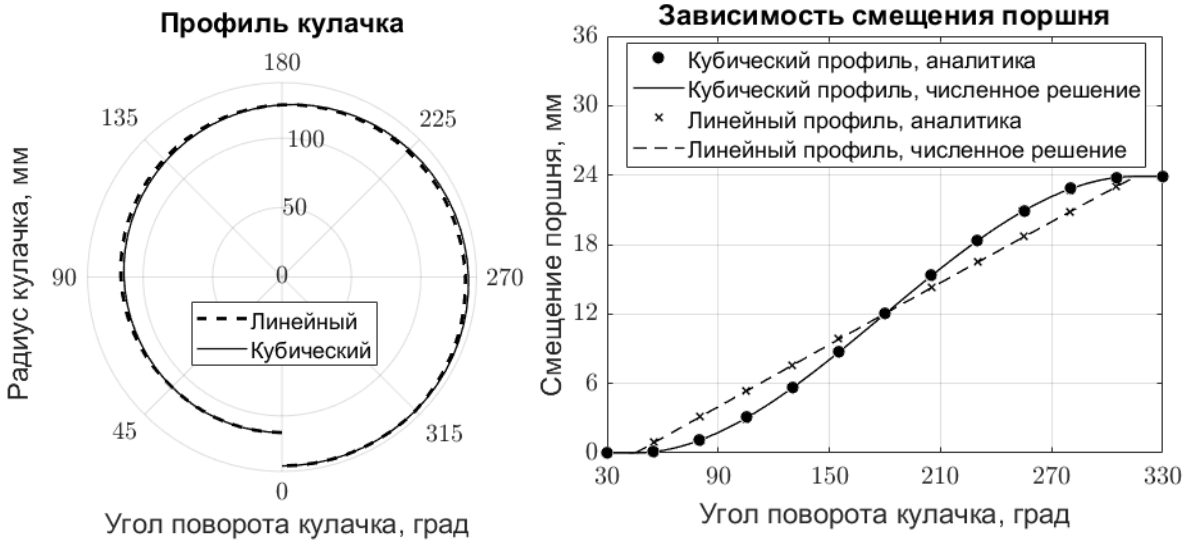
Рассматриваются два профиля кулачка (см. рис. 2, а): линейный (представляет собой один полный виток спирали Архимеда) и кубический (представляет собой полином третьей) согласно формулам (1) и (2) соответственно:

$$R_{linear} = \frac{4}{45}\varphi + 108\,, \tag{1}$$

$$R_{cubic} = -\frac{2}{820125}\varphi^3 + \frac{8}{6075}\varphi^2 - \frac{14}{135}\varphi + \frac{1028}{9}\,, \tag{2}$$

где R_{linear}/R_{cubic} – радиус кулачка в мм, а φ – угол поворота кулачка в град.

Результаты моделирования с использованием Impact-метода штрафных функций. На рис. 2, б представлено сопоставление полученных численных результатов с известным аналитически решением [2] для линейного и кубического профилей через кинематическую взаимосвязь без учета контактного взаимодействия при w = 0 мм.



а) рассматриваемые профиля кулачка

б) сопоставление численного решения с аналитическим при различных профилях кулачка

Рис. 2. Зависимость смещения поршня относительно угла поворота кулачка при различных профилях кулачка

Исследование влияния контактного взаимодействия на кинематику регулировочного клапана управления для различных конфигураций горизонтального смещения w рычага 1 проводилось с использованием Impact-метода, модель контактной силы которого обусловлена регуляризацией штрафа проникновения g одного тела в другое. При малой скорости проникновения $\frac{\partial \mathrm{g}}{\partial \mathrm{t}}$ нормальная сила представлена выражением:

$$\mathrm{F} = \mathrm{kg}^{\mathrm{e}}\,, \tag{3}$$

где контактная жесткость k и показатель e определяются формой и свойствами материалов, участвующих в контактном взаимодействии [3, 4].

Все контактные взаимодействия, встречающиеся в регулировочном клапане управления (см. рис. 1, а), соответствуют случаям внешнего взаимодействия типов цилиндр-цилиндр с параллельными осями или цилиндр-полупространство [3, 5]. Отметим также, что рекомендации по выбору библиотеки геометрии Parasolids в категории Contacts актуальны и здесь для точной аппроксимации геометрии в параметрах решателя [3].

На рис. 3 представлены зависимости смещения поршня относительно угла поворота кулачка, полученные как через кинематическую взаимосвязь, так и с учетом контактного взаимодействия. В табл. 1 представлены жесткости регулировочного клапана управления для различных конфигураций горизонтального смещения w рычага 1.

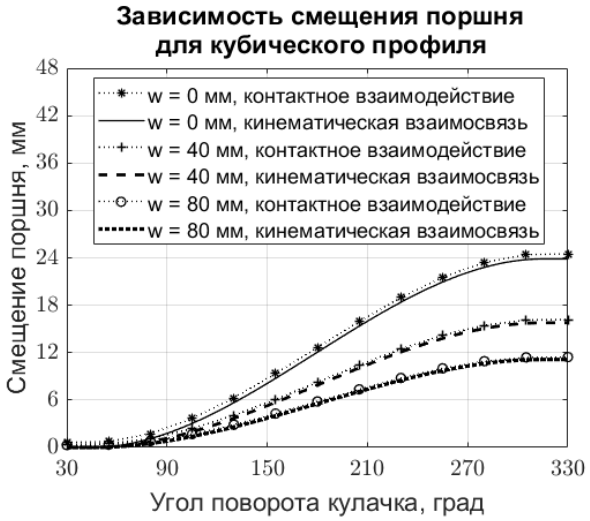


Рис. 3. Влияние контактного взаимодействия на кинематику регулировочного клапана управления

Таблица 1. Жесткость регулировочного клапана управления для различных конфигураций

Конфигурация горизонтального смещения w рычага 1, мм	**Жесткость, $\frac{кН}{мм}$**
0	450
40	730
80	970

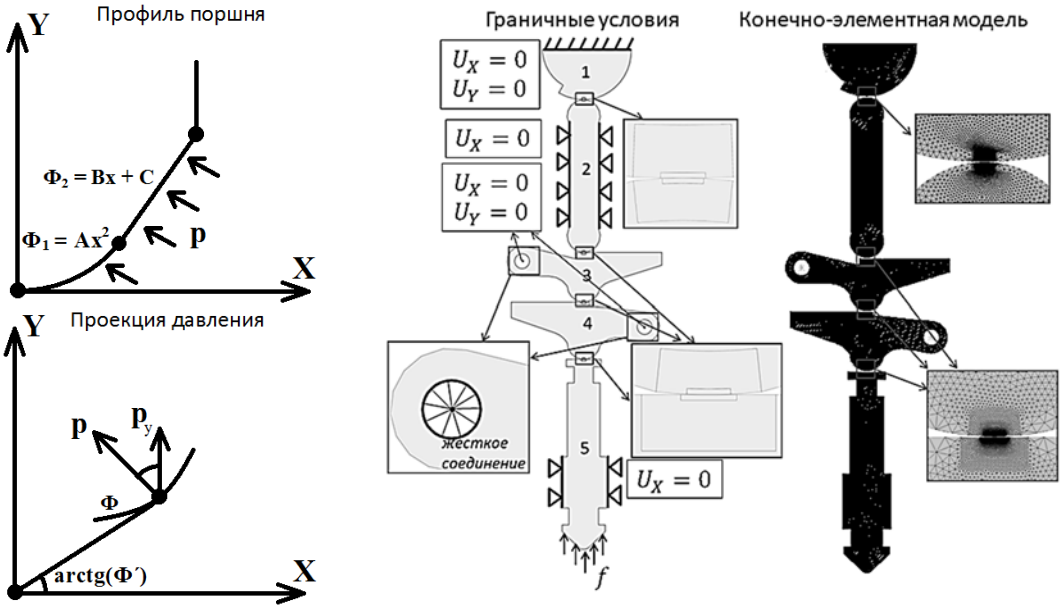


Рис. 4. Расчетная модель регулировочного клапана управления

Результаты моделирования с использованием прямого конечно-элементного моделирования. На рис. 4 представлена расчетная модель регулировочного клапана управления. Для более точного определения жесткости учитывается общая деформация деталей. Рабочим режимом является давление на клапан $p = 450$ атм.

$w = 0$ мм $w = 20$ мм $w = 40$ мм $w = 60$ мм $w = 80$ мм

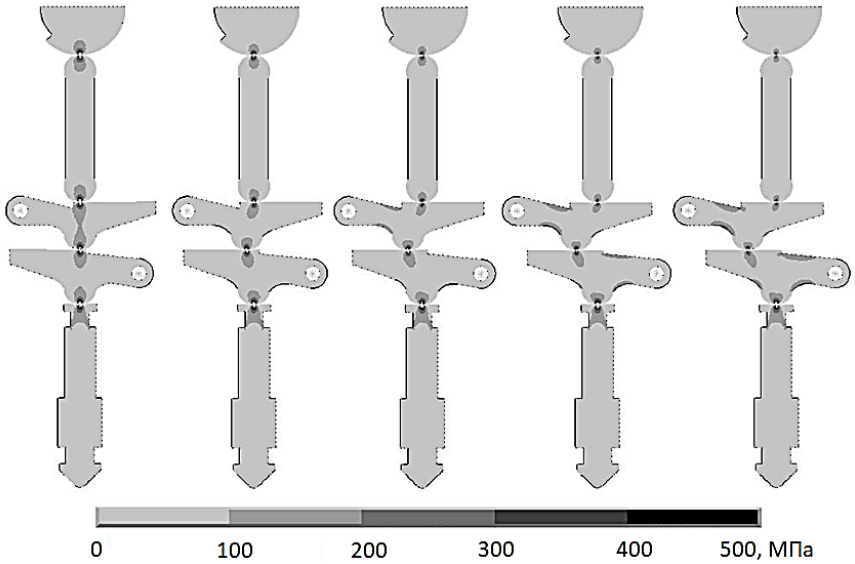


Рис. 5. Распределение интенсивности напряжений по Мизесу

$w = 0$ мм $w = 20$ мм $w = 40$ мм $w = 60$ мм $w = 80$ мм

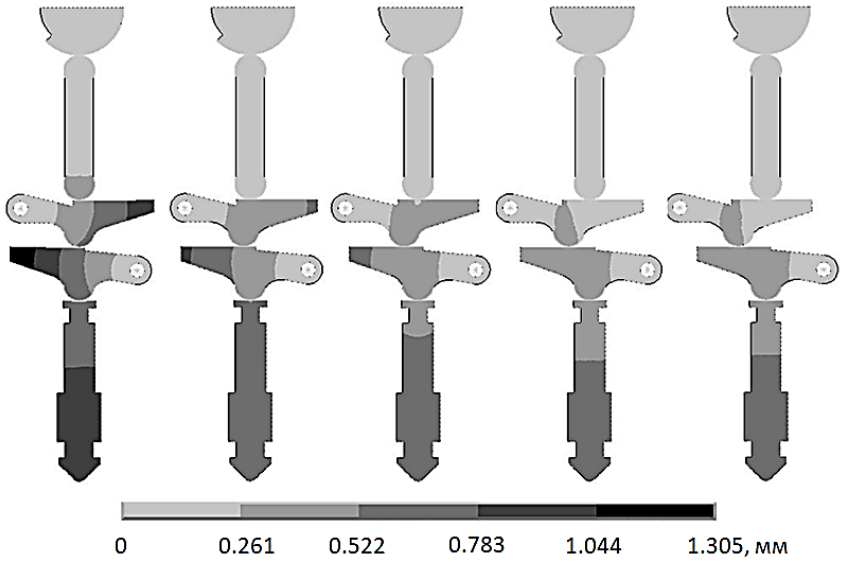


Рис. 6. Распределение полных перемещений

Для корректного приложения действующего давления определена суммарная сила F = 247 кН, действующая на осесимметричный клапан и переведена в плоско-деформированную постановку для удобства численного решения задачи согласно формулам (4)–(6).

$$\frac{dl}{dx} = \sqrt{\Phi'^2 + 1}\,, \tag{4}$$

$$p_y = p\cos(arctg(\Phi'))\,, \tag{5}$$

$$f = \frac{1}{nD}F = \frac{1}{nD}\int_0^{2\pi}\left[\int_0^{x_1} p_{y1}\Phi_1 dl + \int_{x_1}^{x_2} p_{y2}\Phi_2 dl\right]d\varphi\,, \tag{6}$$

где dl – участок длины профиля поршня, Ф – функция профиля поршня, p_y – проекция давления на ординату, f – погонная нагрузка, n – количество узлов профиля поршня, D – толщина регулировочного клапана управления. На рис. 5, 6 представлено распределение интенсивности напряжений по Мизесу, распределение полных перемещений.

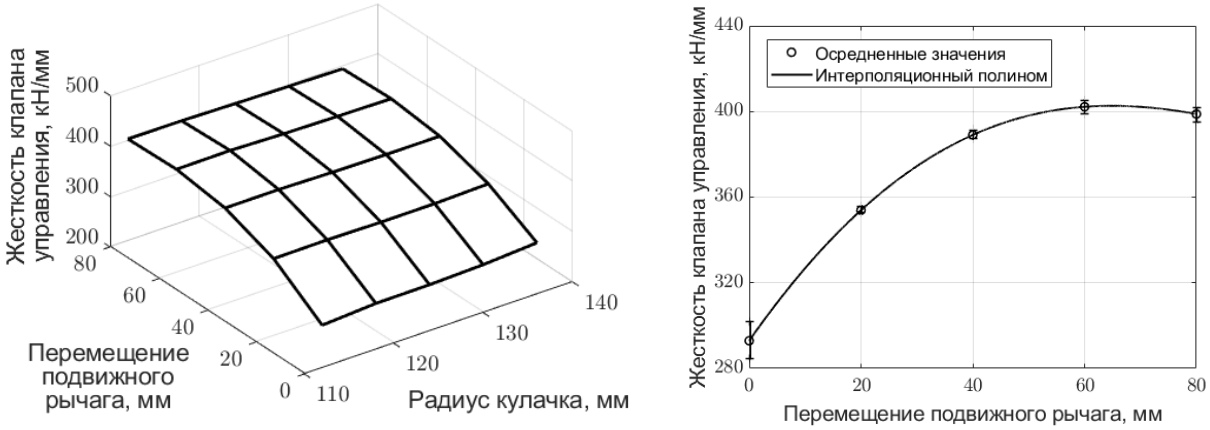


Рис. 7. Зависимость жесткости регулировочного клапана управления от радиуса кулачка r и горизонтального смещения w рычага 1

В результате проведения многовариантных расчетов при различных конфигурациях радиуса кулачка r и при различных положениях w рычага 1, получена зависимость жесткости регулировочного клапана управления, представленная на рис. 7, а также формулой (7), размерность w в которой необходимо подставлять в мм.

$$\widetilde{k} = 0.4393w^4 + 25.893w^3 - 3.5016 \cdot 10^4 w^2 + 3.7344 \cdot 10^6 w + 2.9291 \cdot 10^8, [H/м]. \qquad (7)$$

Выводы. Определена жесткость регулировочного клапана управления палубного аэрофинишера при различных конфигурациях радиуса кулачка r и при различных положениях w рычага 1. Данная задача об определении жесткости при наличии контактных взаимодействий между компонентами выполнена двумя подходами с применением: Impact-метода штрафных функций программной системы ADAMS, учитывающей только контактную податливость деталей; прямого конечно-элементного моделирования программной системы ANSYS, учитывающего также и общую деформацию деталей.

Результаты определения жесткости регулировочного клапана управления палубного аэрофинишера представлены в табл. 1 и на рис. 7. Отметим, что результаты учета контактного взаимодействия с использованием программной системы ADAMS завышены в 1.5–2.5 раза, т.к. все тела, участвующие в моделировании, являются абсолютно твердыми и, следовательно, учитывается только контактная податливость. Для более точного определения жесткости необходимо учитывать общую деформацию тел.

Практическое применение результатов работы может быть использовано в отраслях машиностроения, связанных с проектированием тормозной системы палубного аэрофинишера, в виде редуцированной линейной зависимости сжатия кулачкового механизма от силы, действующей на поршень механизма.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проников А.С. / Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 306 с.

2. Войнов И.Б., Михалюк Д.С., Боровков А.И. Разработка и применение расчетной схемы работы тормозной машины палубного аэрофинишера // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2008. № 4 (63). С. 61–67.

3. Керестень И.А., Войнов И.Б., Михайлов А.А., Боровков А.И. Идентификация параметров контактной взаимосвязи Impact-метода MSC.ADAMS, исследование распределения реакций схемы крепления роторного механизма [электронный ресурс]: [сайт] – Москва, 2016. – Режим доступа: http://docs.mscsoftware.ru/conf/vuz2016/21_Keresten-tesis.pdf (15.10.2018). 6 с.

4. MSC Inc. Adams/Solver C++ Statements. 2014. 408 p.

5. Popov V.L. Contact Mechanics and Friction: Physical Principles and Applications. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 362 p.

ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 57.084.1

М.А. Казалов[1], Д.А. Мешалкина[2], Я.В. Фёдорова[3]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, НИК “НаноБио”
[2]Санкт-Петербургский государственный университет
[3]Сколковский Институт Науки и Технологий

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕНОМНОЙ ДНК ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ КЛЕТОК С ПОМОЩЬЮ CPF1-РИБОНУКЛЕИНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Защитные системы CRISPR/Cas, изначально найденные в бактериях, нашли свое применение в биотехнологии как инструмент изменения последовательности геномной ДНК. В состав CRISPR систем входят Cas белки в комплексе с направляющими РНК. Cas-рибонуклеиновый комплекс может специфически узнавать ДНК-мишень засчёт комплементарного спаривания направляющей РНК с последовательностью и вносить в мишень двухцепочечный разрыв. Для редактирования генома в эукариотических клетках могут быть использованы плазмидная вариация (плазмида с закодированной последовательностью) такой системы, либо рибонуклеопротеиновая (далее РНП), т.е. готовый Cas белок с РНК. Преимущество РНП варианта в быстрой деградации комплекса после внесения разрыва, что уменьшает вероятность неспецифических разрезов ДНК, а также в отсутствии необходимости кодон-оптимизации Cas генов для использования в разных организмах.

Целью данной работы являлась оптимизация процедуры изменения генома клеток животных с помощью Cas-РНП комплекса. Для проведения экспериментов были выбраны белки LbCpf1 и AsCpf1 из *Lachnospiraceae bacterium* и *Acidaminococcus sp.*, чья активность была показана ранее [1].

Cpf1-система относится к CRSIRP/Cas системам V-A типа и отличается простотой устройства: эффектор представлен одним белком, для работы требуется одна короткая (44 нуклеотида) направляющая РНК, возможно изменение сразу нескольких генов (рис. 1) [1].

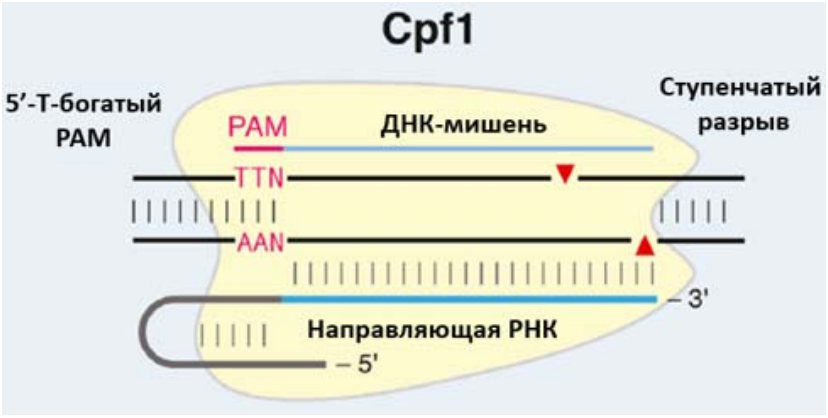


Рис. 1. Белок Cpf1 с направляющей РНК и ДНК-мишенью (Zetsche, 2015) [1]

Образованный *in vitro* комплекс белка Cpf1 с соответствующей направляющей РНК может быть внесён в эукариотические клетки для направленного изменения их генома. В данной работе было решено провести генетическую модификацию ДНК в клетках человека HEK-293 и эмбрионах рыб Danio Rerio.

Изменение генома клеток HEK293 с помощью РНП комплекса. В качестве мишени был выбран ген grin2b, кодирующий NR2B-субъединицу глутаматного NMDA-рецептора. Доставка РНП-комплексов осуществлялась методом трансфекции с помощью липофектамина. Липофектамин образует липосомы, способствующие прохождению содержимого через мембрану. РНП-комплексы, после инкубации с липофектамином, способны проникать в HEK293. Для выбора оптимальных условий трансфекции использовались различные сооношения липофектамина к РНП комплексу.

Эффективность редактирования генома клеток человека оценивали с помощью метода Т7 эндонуклеазной реакции. Для этого клетки лизировали, из них выделяли геномную ДНК, методом ПЦР амплифицировали участки гена grin2b длиной 780 пар оснований, в которых должно было произойти редактирование. В качестве отрицательного и положительного контроля использовали нетрансфицированные клетки HEK293 и клетки, трансфицированные плазмидной Cpf1 системой, соответственно. Плазмида несла ген Cpf1 белка, направляющей РНК, комплементарной той же ДНК-мишени, и белка GFP для оценки прохождения трансфекции. Амплифицированные фрагменты резались Т7 эндонуклеазой на участки 560 и 220 пар оснований по месту внесения разрыва (рис. 2).

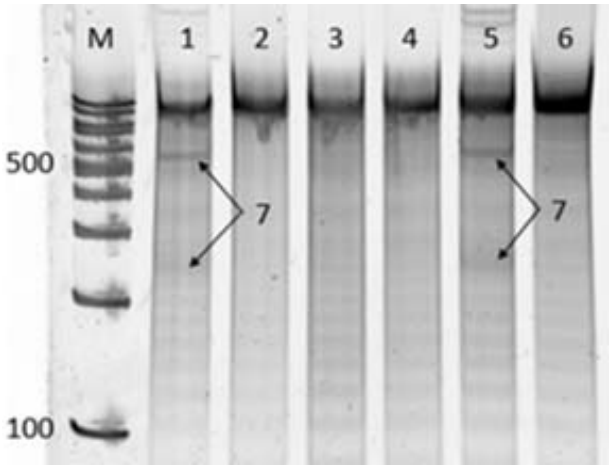


Рис. 2. 10% PAAG. ПЦР-фрагменты после Т7 эндонуклеазной реакции.
1,2,3,4 – клетки, трансфицированные РНП (использовались различные соотношения РНП и липофектамина); 5 – «+» контроль; 6 – «-» контроль; 7 – ожидаемые фрагменты порезки

При проведении трансфекции были использованы четыре различных варианта соотношений РНП и липофектамина, наиболее оптимальным оказалось соотношение 25 pmol РНП и 1.5 мкл липофектамина, 24 well plate (рис. 2, первая дорожка геля). Таким образом, получилось достигнуть высокой эффективности редактирования генома AsCpf1 РНП комплексом, сравнимой с редактированием генома с помощью плазмиды, несущей гены системы.

Изменение генома эмбрионов Danio Rerio с помощью LbCpf1 РНП комплекса. Danio Rerio используются в качестве модели для изучения эмбрионального развития и функций генов позвоночных. Сейчас они обретают всё большую популярность как объект исследований в моделировании нейропсихических заболеваний. Ценной в данном отношении линией будут являться рыбы с нокаутом по генам транспортёров серотонина, т.к. мутации в данном транспортёре у людей связаны с предрасположенностью к аффективным расстройствам. Такие животные будут представлять интерес для характеризации эволюционно консервативных черт аффективных фенотипов, разработки новых классов препаратов – антидепрессантов, а также для фундаментальных исследований роли серотонина в онтогенезе и репарации нервной системы. В ходе работ было решено оптимизировать

процедуру изменения генома Danio Rerio на примере фенотипически значимых генов, а также получить интересные для исследований в нейробиологии линии.

Для получения генно-модифицированных рыб необходимо изменить геном на ранних стадиях развития организма. Для этого было решено проводить инъекции эмбрионов LbCpf1 комплексами на стадии одной клетки (первые 15 минут после оплодотворения). В качестве ДНК-мишени выбирался ген slc45a2, кодирующий белок-транспортёр AIM1, который опосредует синтез меланина. Было показано, что нокаут этого гена приводит к исчезновению окраски [2]. Также были выбран ген slc6a4a, кодирующий белок-транспортёр серотонина.

Через 3 дня после инъекций из модифицированных эмбрионов выросли рыбы, отличающиеся окраской от контроля для гена slc45a2 (рис. 3). Оценка редактирования с помощью T7 эндонуклеазы показала эффективное редактирование геномной ДНК и мозаичность выросших особей для всех ДНК-мишеней (рис. 4).

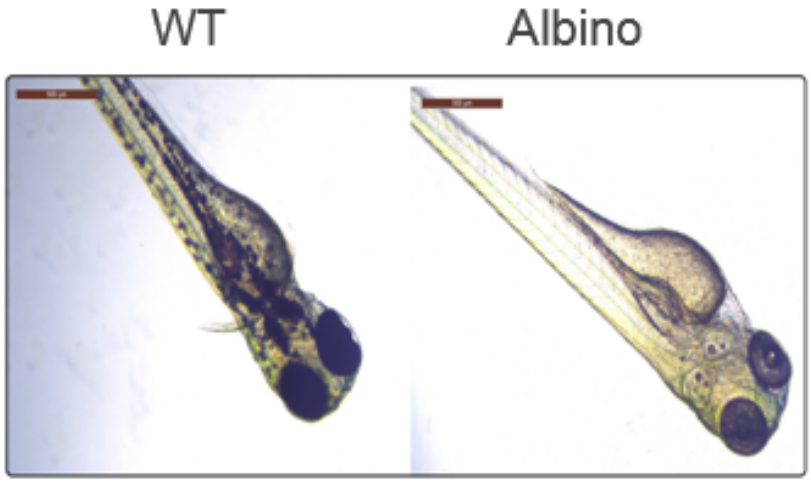


Рис. 3. Danio Rerio через 3 дня после инъекций (ген slc45a2): контроль (дикий тип), альбинос

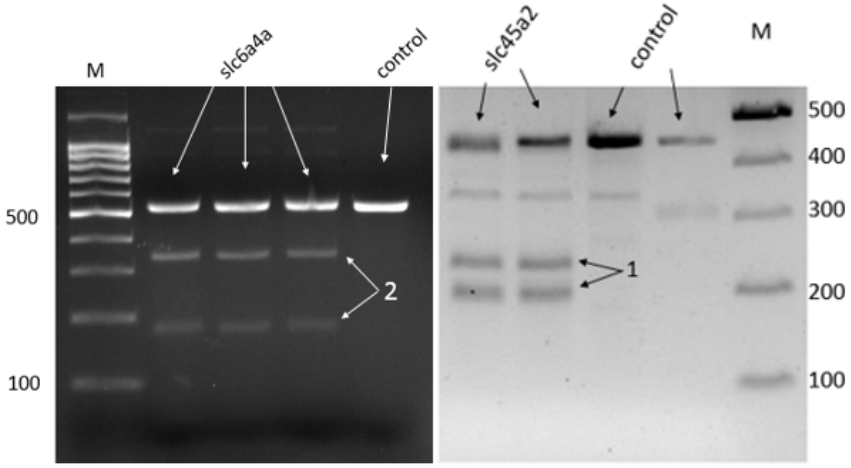


Рис. 4. (Слева) ПЦР-фрагменты гена slc6a4a в 1.5% агарозном геле после T7 эндонуклеазной реакции. 1 – ожидаемые фрагменты 190 и 340 bp.
(Справа) ПЦР-фрагменты гена slc45a2 в 1.5% агарозном геле после T7 эндонуклеазной реакции. 1 – ожидаемые фрагменты 201 и 241 bp

Таким образом, в ходе работ были подобраны оптимальные условия для изменения геномной ДНК клеток эукариотических организмов с помощью LbCpf1 и AsCpf1 рибонуклеиновых комплексов (РНП). Использование РНП комплексов не требовало оптимизации кодонов для изменения геномов таких разных объектов, как клетки человека и эмбрионы рыб Danio Rerio, что является крайне удобным – можно использовать одни и те же

рекомбинантные Cpf1 белки для всех процедур. Эффективность редактирования с помощью РНП комплексов сравнима с эффективностью, достигаемой при доставке Cas белков в виде генов. Нам удалось получить albino-мутацию для Danio Rerio, а также новую, полезную для исследований в нейробиологии, мутацию в гене slc6a4a.

Изменение геномной ДНК с помощью РНП комплексов – быстрый, универсальный, эффективный и удобный метод для получения генно-модифицированных организмов разного происхождения, как животных, так и растений [3].

Работа поддержана Министерством Образования РФ (соглашение №14.606.21.0006, уникальный идентификатор RFMEFI60617X0006), а также грантом РФФИ 18-315-00375.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zetsche B. Cpf1 is a single RNA-guided endonuclease of a class 2 CRISPR-Cas system. Cell. 2015 Oct 22;163(3):759–71. doi: 10.1016/j.cell.2015.09.038. Epub 2015 Sep 25.

2. Miguel A. Moreno-Mateos CRISPR-Cpf1 mediates efficient homology-directed repair and temperature-controlled genome editing. Nat Commun. 2017 Dec 8;8(1):2024. doi: 10.1038/s41467-017-01836-2.

3. Kim H, Kim ST, Ryu J, Kang BC, Kim JS, Kim SG. CRISPR/Cpf1-mediated DNA-free plant genome editing. Nat Commun. 2017 Feb 16;8:14406. doi: 10.1038/ncomms14406.

УДК 004.942, 576.32/.36

Л.Р. Лонишин[1], Е.А. Серебрякова[2], Ю.А. Насыхова[2], А.С. Глотов[2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
[2] ФГБНУ «Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии имени Д.О. Отта»

IN SILICO АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МИССЕНС-ВАРИАНТОВ ГЕНА CFTR НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЕГО БЕЛКА

Введение. Муковисцидоз (МВ; кистозный фиброз; cystic fibrosis; CF) — наиболее распространенное среди европейской популяции, тяжелое моногенное заболевание, наследуемое по аутосомно-рецессивному типу [1, 2]. По данным ФГБУ Медикогенетического научного центра частота муковисцидоза в Российской Федерации составляет 1:10000 новорожденных [3]. В основе патогенеза МВ лежат изменения гена, кодирующего трансмембранный регуляторный белок муковисцидоза (*CFTR*, cystic fibrosis transmembrane conductance regulator), находящийся на поверхности многих эпителиальных клеток и функционирующий как цАМФ-зависимый (циклический аденозинмонофосфат – зависимый) хлорный канал [2].

Еще в 1985 году датские исследователи сообщили о неслучайном сцеплении МВ с ферментом параоксиназой, ген которой ранее был картирован на хромосоме 7. Ген *CFTR* (OMIM602421) состоит из 250 тыс. пар оснований (п.о.) и кодирует мембраносвязанный гликопротеин, состоящий из 1480 аминокислот с молекулярной массой 170 000. Он является членом суперсемейства белков АТР-связывающей кассетных протеинов (ABC – ATP-binding cassette). Белок состоит из пяти доменов, выполняющих разные функции: мембран-связанных доменов (MSD1 и MSD2), двух нуклеотид-связывающих доменов (NBD1 и NBD2) и центрального, внутриклеточного регуляторного домена (R домен) (рис. 1). R-домен является уникальной особенностью *CFTR* в надсемействе ABC, поскольку выполняет регуляторную роль.

По сведениям базы данных мутаций человека (HGMD), к настоящему времени в гене *CFTR* идентифицировано около 1640 вариантов.

Согласно классификации, в *CFTR* все патогенные варианты подразделяют на 6 классов, в зависимости от первичного повреждения эффекта [4]:

1 класс: варианты, блокирующие процесс синтеза белка (преимущественно варианты со сдвигом рамки считывания и нонсенс-варианты);

2 класс: варианты, вызывающие нарушение процессинга белкового продукта белка (преимущественно миссенс-варианты и варианты без сдвига рамки считывания);

3 класс: варианты, вызывающие нарушение регулирования функций гена, осуществляемого с помощью АТФ (преимущественно миссенс-варианты);

4 класс: варианты, приводящие к снижению проводимости ионов Cl- (преимущественно миссенс-варианты в трансмембранных доменах);

5 класс: варианты, влияющие на транскрипцию мРНК и на правильность сплайсинга пре-мРНК (преимущественно сплайсинговые варианты);

6 класс: варианты, снижающие время нахождения белка на поверхности клетки (приводящие к синтезу менее стабильного белка в результате потери 70–98 С-концевых аминокислотных остатков).

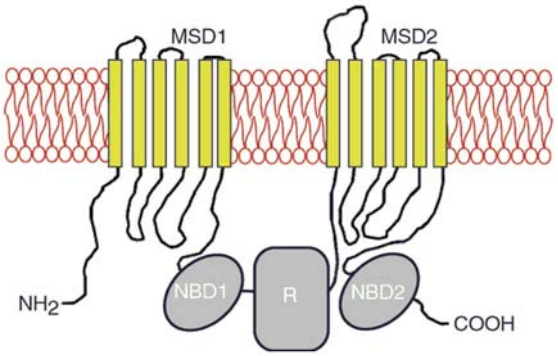


Рис. 1. Структура белка *CFTR*. MSD1 и MSD2 – мембран-связанные домены, NBD1 и NBD2 – нуклеотид-связывающие домены и R домен – внутриклеточный регуляторный домен (Cystic Fibrosis Mutation Database http://www.genet.sickkids.on.ca/ cftr/CftrDomainPage.html)

В связи с этим определение патогенности миссенс-вариантов в данном гене является одной из ключевых задач для понимания принципов функционирования ионного канала в клетке [5]. В последнее десятилетие произошел большой скачок в разработке in silico программ для предсказания патогенности вариантов, однако, далеко не все способны давать корректный прогноз. Следовательно, при изучении вариантов с подтвержденной патогенностью можно оценить корректность предсказания in silico программ, что позволит, в свою очередь, понять в какой мере можно применять данные алгоритмы на вновь выявленные варианты. Тем самым правильная оценка патогенности миссенс-вариантов позволит оценить степень нарушения ионного канала и целостности клеточной системы.

Материалы и методы. В процессе выполнения работы был проведен анализ баз данных HGMD (The Human Gene Mutation Database, http://www.hgmd.cf.ac.uk/) и ClinVar (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/clinvar/). Из общего числа для дальнейшего исследования было отобрано 159 патогенных и 26 доброкачественных миссенс-вариантов с доказанной клинической значимостью. Основанием для клинической интерпретации значимости служили рекомендации ACMG (American College of Medical Genetics and Genomics, https://www.acmg.net/). Варианты с неизвестной клинической значимостью были исключены из дальнейшего исследования.

Для определения патогенности данных вариантов была использована CADD (Combined Annotation Dependent Depletion, http://cadd.gs.washington.edu/) – программа, определяющая патогенность однонуклеотидных замен, вставок и делеций в человеческом геноме. По сравнению с другими программами, которые ограничены в объеме данных, CADD интегрирует множественные аннотации в одном параметре. Данное преимущество было

достигнуто с помощью сравнения вариантов, полученных в результате естественного отбора от симулированных вариантов. Результаты данной программы основываются на таких параметрах, как стабильность, консервативность участка, филогенетические показатели в популяциях, изменения во вторичной структуре белка, а также сравнения с двумя другими наиболее известными программами – SIFT и PolyPhen2 [6].

Результаты и обсуждение. В ходе выполнения данной работы патогенные и доброкачественные миссенс-варианты были соотнесены с 5 доменами гена *CFTR*, а также с различными классами патогенности мутаций. Затем для каждого из доменов с помощью дисперсионного анализа (ANOVA – Analysis of Variation) был подсчитан уровень значимости в зависимости от количественного параметра PHRED и клиническая значимость вариантов, полученных из баз данных.

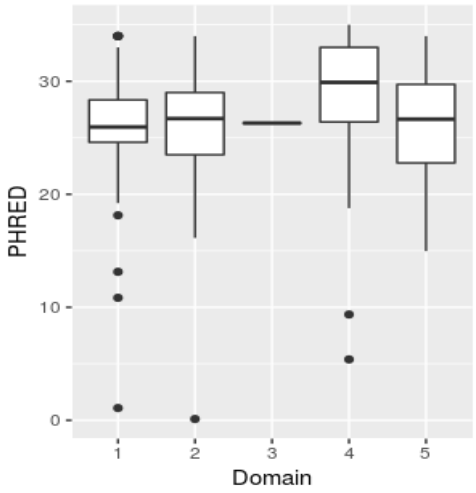


Рис. 2. Диаграмма зависимости факторов различных доменных структур от количественного параметра PHRED программы CADD

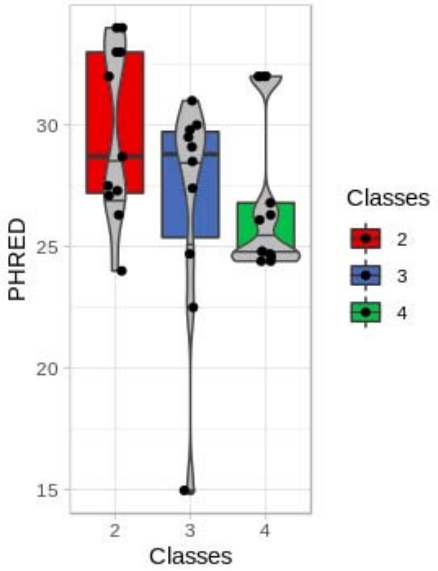


Рис. 3. График зависимости локализации мутаций гена *CFTR* в доменах от их классификации, классы 1, 5, 6 не представлены из-за малого количества мутаций (меньше 10)

Выводы. В результате проверки взаимодействия доменов и количественного параметра PHRED были получены статистически значимые результаты (F value = 10.052, P value = 3.77e-06). Данные результаты свидетельствуют о патогенности вариантов в данной

программе для трансмембранного домена MSD2 (номер 4 на рис. 2). В данном домене миссенс-варианты приводят к снижению проводимости ионов Cl- и в большинстве случаев относятся к 4 классу. По-видимому, это происходит в связи с нарушением транспорта данных ионов из-за изменений в мембран-связывающем регионе. Полученная характеристика (среднее значение PHRED > 30.0) параметра программы говорит о том, что данные варианты относятся к 0,1% всех патогенных вариантов человека (высокий уровень вероятности того, что варианты значимы).

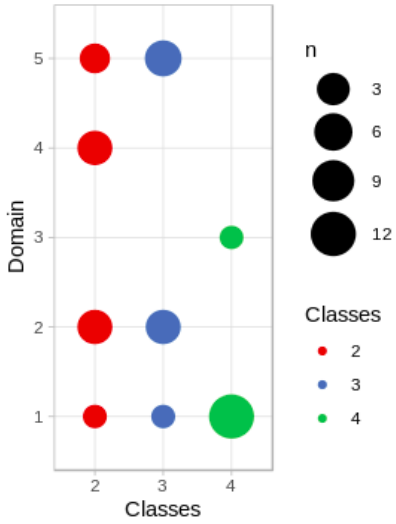


Рис. 4. Диаграмма зависимости классов мутаций гена CFTR
от количественного параметра PHRED программы CADD

Также для определения взаимосвязи классов мутаций и их доменного расположения была использована обобщенная линейная регрессионная модель (рис. 3, 4), позволяющая определить зависимость класса мутаций от доменов белка *CFTR*, достоверно определения для 1 и 2 домена (p-value = 0.0134), из чего следует что изменения в первом мембран-связывающем домене гена *CFTR* приводят к снижению проводимости ионов хлора.

На основании полученных результатов можно сделать выводы о том, что с помощью программы CADD возможно предположить влияние различных патогенных мутаций на изменение вторичной структуры белка, следовательно, и на физико-химические свойства клетки в доменах гена *CFTR*. Следует также отметить, что данная программа позволяет прослеживать обратную зависимость между классами мутаций в гене *CFTR* и их тяжестью влияния на изменение вторичной структуры белка.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иващенко Т.Э., Баранов В.С. Биохимические и молекулярно-генетические основы патогенеза муковисцидоза. СПб, “Интермедика”, 2002. – 256 с.

2. Наследственные болезни: национальное руководство / под ред. акад. РАМН Н.П. Бочкова, акад. РАМН Е.К. Гинтера, акад. РАМН В.П. Пузырева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 936 с.

3. Муковисцидоз. Под редакцией Н.И. Капранова, Н.Ю. Каширской. МЕДПРАКТИКА. – М.: 2014. – 672 с.

4. Pettit R.S., Fellner C. CFTR Modulators for the Treatment of Cystic Fibrosis. P&T®. 2014 Jul; 39 (7): 500–511.

5. Comparative ex vivo, in vitro and in silico analyses of a CFTR splicing mutation: Importance of functional studies to establish disease liability of mutations. Ramalho, Anabela S. et al. Journal of Cystic Fibrosis, Volume 15, Issue 1, 21–33.

6. Kircher M, Witten DM, Jain P, O'Roak BJ, Cooper GM, Shendure J. A general framework for estimating the relative pathogenicity of human genetic variants. Nat Genet. 2014 Feb 2. doi: 10.1038/ng.2892 PubMed PMID: 24487276.

УДК 615.46

П.А. Некрашевич[1], Г.Б. Сухоруков[1,2], Д.А. Горин[3], И.Л. Радченко[1]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Лондонский университет Королевы Марии, Великобритания
[3]Сколковский институт науки и технологий, г. Москва

ФОТО- И СОНОСТИМУЛИРОВАННАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ОБОЛОЧКИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МИКРОКАПСУЛ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КОАКСИАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОРАСПЫЛЕНИЯ

Актуальность. Развитие современной персонализированной медицины, направленное на повышение эффективности диагностики и терапии различного рода заболеваний, напрямую связано с разработкой и применением функциональных нано-и микроструктурированных объектов, в частности контейнеров для инкапсуляции биологически активных соединений. Предполагается, что использование данных систем позволит не только «адресно» доставлять лекарство в очаг заболевания, но и осуществлять его контролируемое высвобождение, что способно не только повысить действие инкапсулируемого вещества, но и снизить его токсический эффект на весь организм в целом [1].

Согласно результатам обзора периодической литературы, в области тераностики, значительные успехи были достигнуты при использовании липосом, мицелл и полиэлектролитных микро-и нанокапсул. Однако, использование данных систем затруднено высокой стоимостью и существенными временными затратами на их изготовление, кроме того, данные объекты требуется хранить в особых условиях, чтобы сохранить их структуру и физико-химические свойства. В связи с этим, целесообразно использовать более стабильные материалы на основе биосовместимых и биодеградируемых полимеров и сополимеров, для формирования оболочки капсул микро-и субмикронного размера [1–3].

Исходя из предложенных в периодической литературе методик формирования микрокапсул, наиболее актуальным является способ формирования микрокапсул из биодеградируемых полимеров, а также загрузки активных веществ в их объем, является метод коаксиального электрораспыления (КЭ). Данная методика позволяет регулировать размер формируемых микрокапсул, толщину оболочки, объем загружаемого вещества за счет регулировки рабочих параметров (величина приложенного высокого напряжения, объемный расход компонентов, рабочее расстояние между форсункой и коллектором и т.д.), а также регулируя свойства используемых компонентов (вязкость, концентрация, молекулярный вес и пр.). Используя данную методику, можно оптимизировать процесс формирования микрокапсул и инкапсуляции в их объем активных веществ [4].

Потенциальное использование капсул микро-и субмикронного размера на основе биодеградируемых полимеров в биомедицинских целях требует решение следующих задач: 1) возможность включения биологически-активных веществ и структур в объем или в оболочку микрокапсул с целью изоляции их от организма при неконтролируемом воздействии, а также обеспечение их возможного пролонгированного действия; 2) обеспечение дистанционно-контролируемого высвобождения инкапсулируемого вещества в непосредственной близости от пораженных участков органов, тканей, сосудов и др.; 3) модификация свойств микрокапсул с целью их адресной доставки к поврежденным органам, тканям, сосудам и др., а также их локализация в строго заданном объеме или области [1–3, 5].

Существует большое количество факторов, которые могут влиять на проницаемость оболочки капсул микро-и субмикронного размера: изменение кислотности среды и ее температуры, характеристики растворители (пр. полярность) и т.д. При этом, имеется возможность использовать в качестве компонентов, для создания оболочки микрокапсул, материалы различной природы (молекулы полимеров, наночастицы металлов, неорганических

соединений или их солей и др.), позволяет получать мультифункциональные контейнеры-носители, чувствительные к тому или иному внешнему воздействию (магнитному полю, СВЧ, ультразвуку, лазерному излучению и т.п.), что существенно повышает эффективных их использования. Однако, не только от используемые компоненты, но и объемные фракции различных включений и геометрические параметры оболочки позволяют управлять физическими и химическими свойствами микрокапсул [5].

Для достижения результата необходимо иметь способ, технологию (механизм) высвобождения активного вещества из внутреннего объема (ядра) микрокапсул. Воздействовать оболочку микрокапсул, чтобы повысить ее проницаемость и снизить время деградации, можно различными способами, но среди них актуальными являются ультразвуковое и лазерное излучение. В медицине ультразвук актуален в качестве средства диагностики заболеваний различной природы и их терапии (сонодинамическая терапия, HIFU-хирургия неинвазивного типа и ультразвуковая гипертермия), а лазерное излучение представляет интерес в области фотодинамической терапии кожных заболеваний и хирургии [6–8].

Чтобы добиться разрушения капсул микро-и субмикронного размера при меньших мощностях и более высоких звуковых частотах (для ультразвука) и длин волн (для фотодинамического воздействия) можно путем внедрения структур – фото-и соносенсибилизаторов в структуру оболочки (в том числе варьировать их объемную фракцию), а также учитывать особенности используемых полимеров. Учитывая физико-химические свойства материалов и их прочностные характеристики, можно управлять их чувствительностью к ультразвуку и лазерному излучению, а, следовательно, их проницаемостью [5–8].

Результаты. В ходе проделанной работы было собрано лабораторно-экспериментальное устройство для формирования наноструктурированных микрокапсул методом коаксиального электрораспыления (рис. 1). Формирование микрокапсул происходит за счет диспергирования концентрического потока полимерного раствора и инкапсулируемого вещества в результате электростатического взаимодействия коаксиально дозирующего сопла и осадительного «кольцевого» электрода.

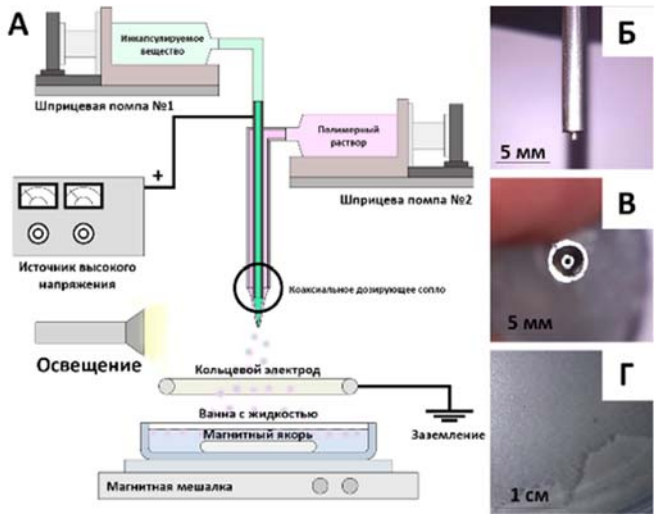


Рис. 1. Схематическое изображение лабораторно-экспериментального устройства для формирования микрокапсул методом электрораспыления: А – схематическое описание установки; Б, В – коаксиальное дозирующей сопло; Г – результат формирования микрокапсул

Учитывая конструктивные особенности лабораторно-экспериментального устройства, экспериментальным методом были подобраны оптимальные параметры получения полимерных микрокапсул: напряжение – 12 кВ; расстояние между коаксиальным

дозирующим соплом и осадительным электродом – 0.1 м; объемный расход веществ для формирования оболочки – 1.2 мл/час; объемный расход инкапсулируемых агентов – 0.4 мл/час.

Материалы для формирования микрокапсул: оболочка – биодеградируемый сополимер молочной и гликолевой кислоты (ПЛГА) (SigmaAldrich^{TM}, США) с липофильным флуоресцентным агентом (Nile Red) (SigmaAldrich^{TM}, США); ядро – водный раствор декстрана с изоционатом флуоресцеина (SigmaAldrich^{TM}, США). Чтобы обеспечить наибольший эффект от внешних источников ультразвуковых волн и квантов света, в оболочку вводился универсальный фото-и соносенсибилизатор на основе серебра.

Наноструктурированные системы «ядро-оболочка», полученные на лабораторно-экспериментальном устройстве (рис. 1), и их охарактеризации представлены на рис. 2.

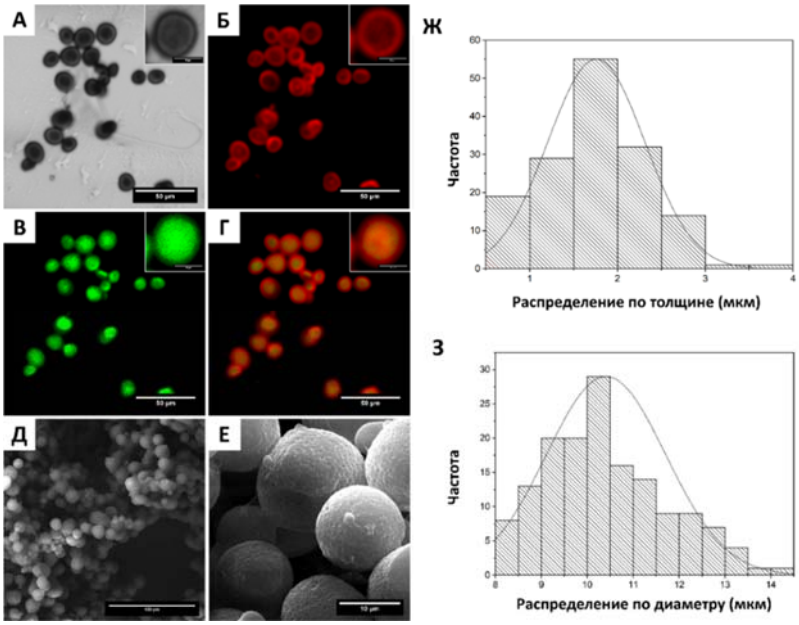


Рис. 2. Наноструктурированные микрокапсулы, полученные методом коаксиального электрораспыления: А,Б,В,Г – Изображение микрокапсул, полученное методом конфокальной микроскопии (Leica TCS SP8, Германия); Д,Е – Изображение микрокапсул, полученное методом сканирующей электронной микроскопии (MIRA II, Tescan, Чехия); Ж) Гистограмма распределения микрокапсул по толщине оболочки; З) Гистограмма распределения микрокапсул по диаметру

Для исследования параметров изменения проницаемости микрокапсул под влиянием ультразвука, микрокапсулы помещались в кювету и облучались при соответствующих параметрах: частота ультразвукового излучателя (ПЭСДВ-41, Россия) – 1,5 МГц (выходные параметры регулировались усилителем (MAG-203AD, Китай)); температура – 20 °С; интенсивность – 20 Вт/см^2; время воздействия – 10 секунд. Результат ультразвукового воздействия представлен на рис. 3, 4.

Для изучения параметров фотодинамического воздействия на наноструктурированную оболочку полимерных микрокапсул был использовано лазерное устройство, интегрированное в многофункциональную автоматизированную систему для АСМ-Раман исследований (Integra Spectra, NT-MDT, Россия). Параметры лазера: длина волны – 473 нм; мощность лазера – 5 мВт; процент используемой мощности – 10%; время воздействия – 5 секунд.

Результат изменения структуры оболочки полимерной микрокапсулы представлен на рис. 5.

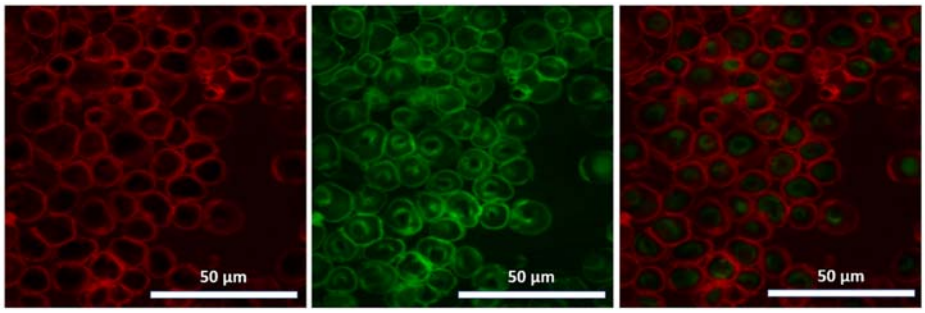


Рис. 3. Результат воздействия ультразвука на оболочку микрокапсул.
Изображение получено методом конфокальной микроскопии (Leica TCS SP8, Германия)

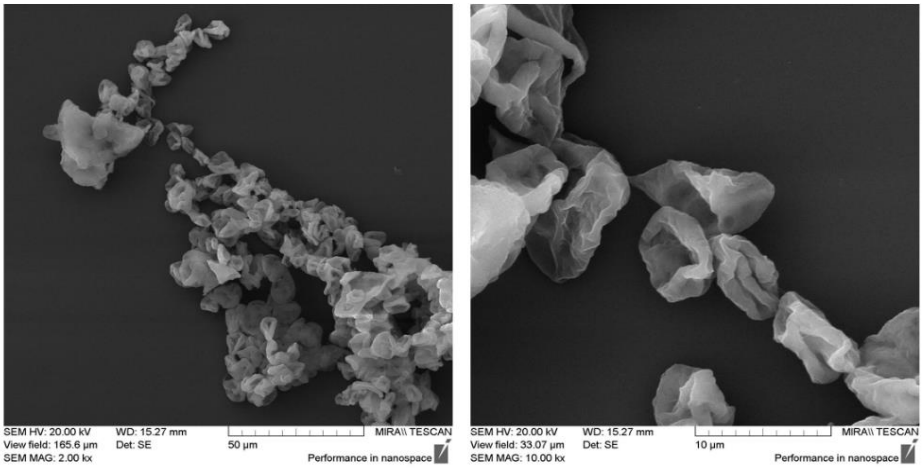


Рис. 4. СЭМ-изображение результата воздействия ультразвука на оболочку микрокапсул

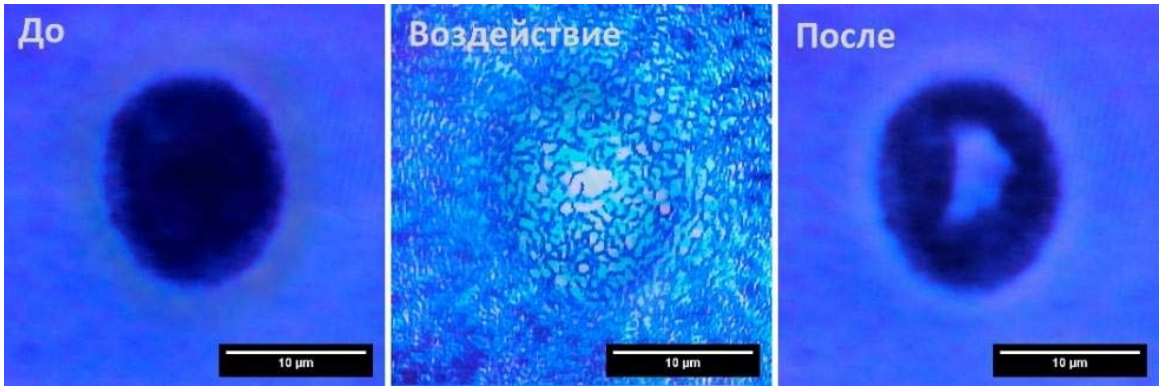


Рис. 5. Результат фотодинамического воздействия на полимерную оболочку микрокапсулы

Заключение. В ходе проделанной работе были сформированы наноструктурированные полимерные частицы микрокапсул диаметром 10,51±2.24 мкм. За счет внедрения в матрицу полимерной оболочки (толщина 1,72±0,59 мкм) фото-и соносенсибилизатора на основе серебра, микрокапсулы продемонстрировали изменение своей морфологии и проницаемости под влиянием внешнего источника ультразвуковых волн и лазерного излучения.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Российской Федерации (договор №14.Z50.31.0004 от 4 марта 2014г.) и Фонда содействия инновациям в научно-технической сфере (программа «УМНИК-2016», договор №11499ГУ/2017 от 17.05.2017г.).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Li, X. Design of controlled release drug delivery systems / X. Li, B.R. Jasti // N.Y.: McGraw-Hill, 2006. – 435 p.

2. Nastruzzi, C. Lipospheres in drug targets and delivery: approaches, methods, and applications / C. Nastruzzi // N.Y.: CRC Press LLC, 2005. – 159 p.

3. Decher, G. Fuzzy Nanoassemblies: Toward Layered Polymeric Multicomposites / G. Decher // Science. 1997. Vol. 277. P. 1232–1237.

4. Zhang, L. Coaxial electrospray of microparticles and nanoparticles for biomedical application / L. Zhang // Journal of Expert Rev. Med. Devices. 2012. Vol. 9. P. 595–612.

5. Pandey, J. Handbook of Polymernanocomposites, processing, performance and application // J. Pandey, K. Reddy. – W.: Springer, 2014. – 423 p.

6. Gorin, D.A. Magnetic/gold nanoparticle functionalized biocompatible microcapsules with sensitivity to laser irradiation / D.A. Gorin, S.A. Portnov, O.A. Inozemtseva, Z. Luklinska, A.M. Yashchenok, A.M. Pavlov, A.G. Skirtach, H. Mohwald, G.B. Sukhorukov // Phys.Chem. 2008. Vol. 10. P. 6899–6905.

7. Skirtach, A.G. Ultrasound stimulated release and catalysis using polyelectrolyte multilayer capsules / A.G. Skirtach, B.G. De Geest, A.A. Mamedov, A.A. Antipov, N.A. Kotov, G.B. Sukhorukov // J. Mater. Chem. 2007. Vol. 17. P. 1050–1054.

8. Skirtach, A.G. Laser-induced release of encapsulated materials inside living cells / A.G. Skirtach, A.M. Javier, O. Kreft, K. Köhler, A.P. Alberola, H. Möhwald, W.J. Parak, G.B. Sukhorukov // Journal of Angew. Chem. 2006. Vol. 118. P. 4728–4733.

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

УДК 004.932.72

А.В. Константинов, В.С. Чуканов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СЕГМЕНТАЦИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ КЛАССИФИКАЦИИ

Одним из основных этапов анализа медицинских изображений является сегментация. Результат сегментации – два подмножества пикселей изображения: множество пикселей области интереса и множество пикселей фона. Существуют ручные, полуавтоматические и автоматические методы сегментации медицинских изображений. Как правило, ручные и полуавтоматические методы требуют значительного времени на сегментацию трёхмерного изображения, состоящего из набора двумерных сечений: точные результаты этих методов могут быть получены только на одном двумерном сечении, а количество сечений в трёхмерном изображении на снимках компьютерной томографии составляет в среднем не менее 50. Целью работы является создание метода для решения задачи автоматической сегментации трёхмерных медицинских изображений с помощью классификаторов, при условии наличия хотя бы одного размеченного сечения. Преимуществами полученного метода являются: возможность достижения высокой производительности за счёт высокой скорости обучения классификаторов; получение результатов сегментации приемлемого качества; возможность обучения метода на входных данных как малых, так и больших размеров – обучения на одном, двух или более сечениях исходного трёхмерного изображения.

Пусть с помощью полуавтоматических методов предварительно размечено одно или более сечений трёхмерного изображения. Задача состоит в получении результатов сегментации для M соседних сечений. На основе размеченных сечений могут быть получены оптимальные параметры и использованы для автоматической сегментации других сечений данного медицинского изображения. Назовём попиксельной сегментацией процесс, при котором определение принадлежности пикселя области интереса совершается для каждого пикселя изображения по отдельности, на основе некоторого набора признаков. При попиксельной сегментации вычисления классов пикселей происходят независимо, а значит могут быть выполнены параллельно. Также может быть составлено обучающее множество:

$$T = \{(f_i, y_i) \mid i \in I\}, \quad (1)$$

где I – множество пикселей изображения, f_i – вектор признаков пикселя i, y_i – класс пикселя i.

С помощью множества T может быть обучен любой метод классификации. Процесс сегментации сечения трёхмерного медицинского изображения состоит в определении обученным алгоритмом классификации метки класса каждого пикселя сечения. В качестве входных данных алгоритм классификации принимает соответствующий пикселю набор признаков, основанный на интенсивностях пикселей в некоторой окрестности рассматриваемого пикселя. Поскольку изображения содержат большое число пикселей, для увеличения производительности данного метода классификация производится параллельно.

На практике часто исходная разметка, полученная с помощью полуавтоматических методов, оказывается неточной: некоторые не принадлежащие объекту области ошибочно отмечены как область интереса, а другие принадлежащие – как фон. Вместе с тем, на медицинских изображениях присутствует шум. С точки зрения классификации неточная исходная разметка и шум являются выбросами, способными повлечь переобучение, что негативно сказывается на сегментации. Для нивелирования проблемы выбросов предлагается

использовать только робастные классификаторы. К таким классификаторам относится случайный лес [1] (англ. “Random Forest”) – набор решающих деревьев, обучаемых с помощью алгоритма CART по случайным подпространствам признаков на случайных подвыборках исходной обучающей выборки. Определение класса производится с помощью мажоритарного голосования всех деревьев. Также, могут быть использованы ансамбли “Extra Tree” – решающих деревьев, в которых выбор значений в узлах производится случайным образом. Согласно [2], использование мажоритарного голосования одновременно по случайным лесам и “Extra Trees” повышает обобщающую способность. Следовательно, вариант с комбинацией двух ансамблевых методов является наиболее предпочтительным.

Исходная обучающая выборка T часто содержит значительно меньше элементов области интереса, чем пикселей фона. Таким образом, обучающая выборка T не является сбалансированной и априорная вероятность класса фона превосходит априорную вероятность класса, соответствующего области интереса. Это приводит к снижению обобщающей способности и, как следствие, более плохим результатам сегментации. В частности, внутри области интереса появляется большое количество пикселей, отмеченных как фон. Балансирование выборки может быть произведено с помощью задания весов для элементов обучающего множества: вес пикселей области интереса равен количеству пикселей фона, а вес пикселей фона – количеству пикселей области интереса. Однако более эффективным с точки зрения производительности является балансирование за счёт прореживания исходной выборки. Обозначим количество пикселей области интереса за R, а число пикселей фона за B, и предположим, что $R < B$. Тогда в подвыборку $\hat{T}$ войдут все пиксели области интереса и ровно R случайно выбранных на основе равномерного распределения пикселей фона. Уменьшение размера выборки позволяет снизить время обучения алгоритма классификации. На рис. 1 приведено сравнение оценки качества F_1 при обучении классификатора на исходной (сплошная линия) и прореженной (пунктирная линия) выборках: по оси абсцисс отложен номер сечения, а по оси ординат – оценка F_1. Обучающее множество T состоит из предварительно размеченных первого и последнего сечений.

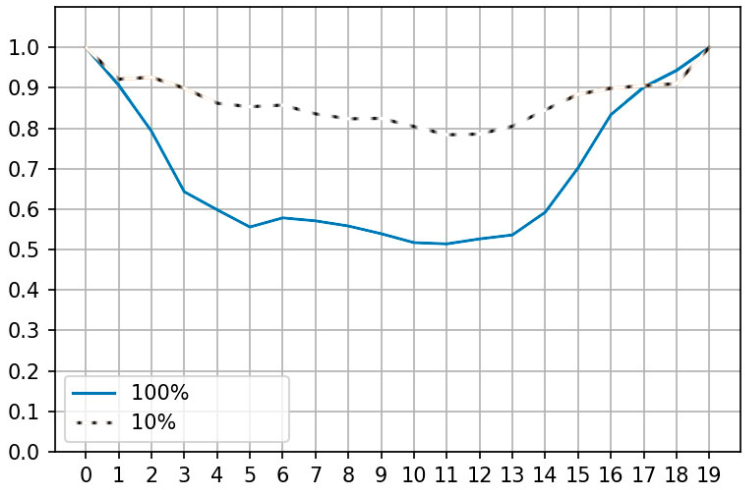


Рис. 1. Сравнение качества сегментации

Поскольку на медицинских изображениях часто присутствуют две или более областей с похожими текстурами, но областью интереса считается только одна из них, возникает переобучение: алгоритм классификации строит границу между данными со схожими наборами значений признаков и различными метками классов. Как следствие, на соседнем сечении в результат сегментации не включается часть пикселей внутри области интереса, а также ложно включается часть пикселей вне области интереса, соответствующих областям с текстурой, аналогичной текстуре объекта. При попиксельной сегментации рассматривается

только локальная окрестность пикселя, для которого производится классификация, поэтому результат сегментации нельзя значительно улучшить при использовании исходного обучающего множества с признаками, зависящими только от интенсивностей.

Решением данной проблемы является учёт пространственной составляющей при сегментации. Первый подход состоит во включении координат пикселя в набор признаков, либо в применении штрафной функции, зависящей от расстояния до ближайшей точки области интереса из обучающего множества, при мажоритарном голосовании. Однако в таком случае всё равно возникает переобучение классификатора. Если имеются незначительные различия в текстуре или интенсивности двух областей, классификатор будет фокусироваться именно на этих различиях, вместо поиска границы между значениями пространственных признаков. Вследствие этого ухудшается результат сегментации соседнего сечения, в котором область интереса имеет слабо, но отличающийся набор текстур, от наблюдаемых в множестве T.

Данная проблема возникает из-за включения в обучающее множество “лишних” удалённых пикселей, содержащих схожую области интереса текстуру. Значительного улучшения качества сегментации удаётся добиться с помощью исключения удалённых пикселей из обучающей выборки. При условии, что разность результатов сегментации двух соседних сечений будет лежать в некоторой полосе ширины d, полученной дилатацией области интереса сечения с меньшей площадью объекта, можно исключить из рассмотрения все пиксели, находящиеся за пределами объединения заданной области и полосы. При этом сегментация должна производиться в пикселях с такими же координатами, как и у пикселей обучающего множества. Если пиксели, имеющие соответствующий области интереса класс, касаются границы полосы, требуется производить сегментацию в полосе большей ширины до тех пор, пока пиксели области интереса не перестанут касаться границы полосы. В таком случае классификатор определяет принадлежность пикселя области интереса, или полосе границы области интереса, и, при использовании вышеупомянутого прореживания выборки, переобучения не возникает, вследствие отсутствия в выборке пикселей, соответствующих областям со схожей текстурой. Данный подход позволяет значительно снизить размер обучающей выборки, а также уменьшить время сегментации за счёт уменьшения числа пикселей, в которых производится классификация.

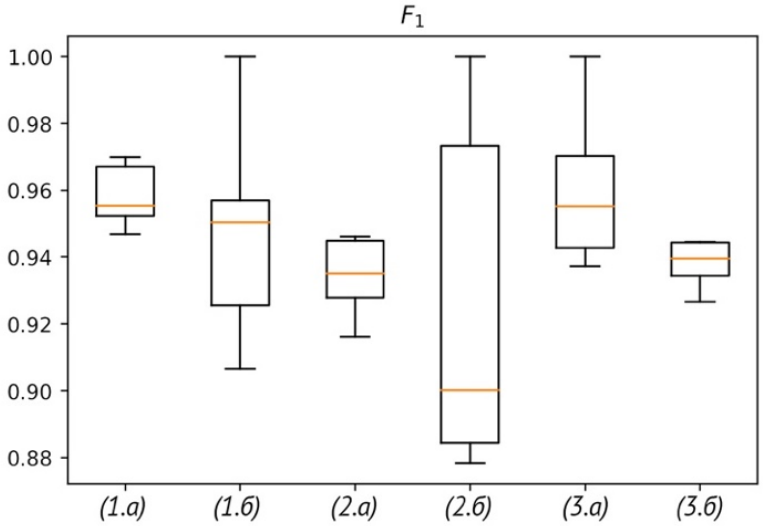


Рис. 2. Оценки качества сегментации

В качестве наборов признаков были рассмотрены следующие варианты: интенсивности пикселей в окрестности, разности интенсивности пикселя и пикселей в окрестности, отклики свёрточных фильтров, гистограммы интенсивностей в окрестности и выход свёрточной

нейронной сети. Под окрестностью подразумевается квадрат с центром в пикселе, для которого извлекаются признаки. Наиболее предпочтительным по качеству и производительности, при использовании вышеупомянутого способа составления обучающей выборки, является набор интенсивностей в окрестности размером 5×5. Для ускорения обучения и сегментации пиксели могут объединяться в группы, называемые суперпикселями (англ. “Superpixel”). Наиболее удобный алгоритм для создания суперпикселей для медицинских изображений – “Watershed superpixel” [3], учитывающий границы. Снижение числа классифицируемых элементов приводит к улучшению производительности: вместо классификации всех пикселей изображения, используется по одному представителю каждого суперпикселя. Признаки для суперпикселя: гистограмма интенсивностей, средняя интенсивность, минимальное и максимальное значения интенсивностей, содержащихся в суперпикселе. Такой подход не уступает по качеству использованию других признаков, однако позволяет добиться значительного ускорения сегментации, при условии наличия на изображении гомогенных по интенсивности или текстуре областей.

Таким образом, разработан метод автоматической сегментации медицинских изображений на основе алгоритмов классификации. Для получения наиболее качественных результатов используется комбинация Random Forest и Extra Trees, обучаемая на прореженной выборке, состоящей из объединения области интереса и полосы вокруг неё. Оценки качества F_1 автоматической сегментации 10 сечений приведены на рис. 2 – числами пронумерованы три различных медицинских изображения: два снимка МРТ с желудочками сердца и один снимок КТ с опухолью в лёгком; буквы «а» и «б» обозначают обучение на двух и одном размеченных сечениях, соответственно. Каждая диаграмма размаха построена по оценкам F_1 для всех сегментированных сечений изображения. Данные для тестирования взяты из «Medical Segmentation Decathlon». Видно, что при большем количестве предварительно размеченных сечений качество сегментации значительно повышается. Наилучшая производительность для гетерогенных изображений достигается с признаками из интенсивностей в окрестности, а для гомогенных – с суперпикселями. Время автоматической сегментации 10 сечений размера 200x200 составляет примерно 3 секунды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ho T.K. Random decision forests // Document analysis and recognition, 1995. Proceedings of the third international conference. – IEEE, 1995. – Т. 1. – С. 278–282.

2. Zhou Z.H., Feng J. Deep forest: Towards an alternative to deep neural networks // arXiv preprint. – arXiv:1702.08835. – 2017.

3. Hu Z., Zou Q., Li Q. Watershed superpixel // Image Processing (ICIP), 2015 IEEE International Conference. – IEEE, 2015. – С. 349–353.

УДК 539.3

М.А. Фомичева[1] , Е.Н. Вильчевская[1,2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] Институт проблем машиноведения РАН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАМКАХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ОПИСАНИЯ

Процесс дробления порошковых (гранулированных) сред широко используется в производстве в настоящее время. Несмотря на большое количество экспериментальных данных о характере течения сыпучих материалов в различных технологических устройствах, в настоящее время не существует законченной теории, описывающей измельчение частиц [1]. В статье [2] был предложен новый подход к описанию сред со структурными изменениями на

основе пространственного описания микрополярных сред. Главной особенностью данной теории являются дополнительные балансовые соотношения для тензоров инерции.

Настоящая работа посвящена моделированию прохождения материала через дробильную установку. Из-за процесса дробления общее число гранул и тензор инерции каждой отдельной гранулы постоянно меняется. Тем не менее, поскольку распределение гранул в среде статистически однородно, тензор инерции макро-частицы является шаровым, а уменьшение тензора инерции каждой отдельной гранулы приводит к уменьшению тензора инерции на макроуровне. Этот процесс схематически показан на рис. 1. Аналитическое решение для простейшей постановки данной задачи было приведено в статье [3].

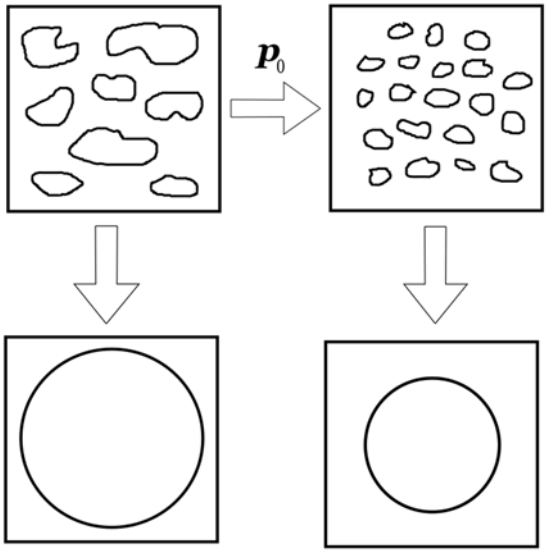


Рис. 1. Схематическое изображение процесса осреднения

Рассмотрим вначале линейно – упругий слой гранулированного материала высоты H, находящийся на ленте конвейере, двигающейся с постоянной скоростью v_0 вдоль оси x. Перемещение материала в направлении оси y ограничено стенками. На участке $x \in [0..L]$ на верхней границе материала действует постоянное давление P_0. На рис. 2 представлена рассматриваемая система.

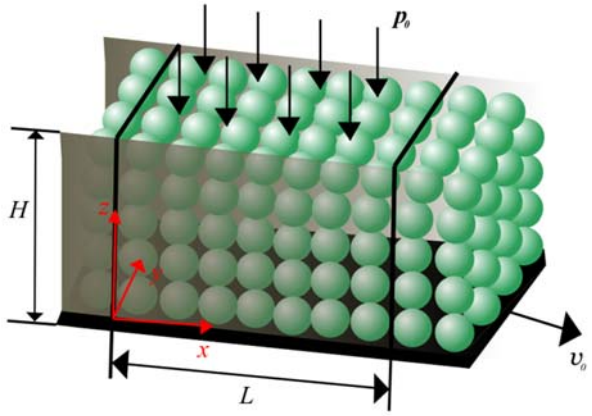


Рис. 2. Схематический рисунок линейно – упругой системы.

Поведение материала определяется системой дифференциальных уравнений, состоящей из:

- уравнения равновесия:

$$\nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} = \boldsymbol{0}, \tag{1}$$

- кинетического уравнения для тензора инерции:

$$\frac{\delta J}{\delta t} = \chi, \tag{2}$$

где $\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{C} : \boldsymbol{\varepsilon}$ тензор напряжений, $\mathbf{C}$ – тензор упругости, J – момент инерции макро-частицы, χ – источниковый член, $\frac{\delta(\cdot)}{\delta t} = \frac{\partial(\cdot)}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla(\cdot)$ материальная производная. Здесь и далее все уравнения будут записываться для пространственного репрезентативного элементарного объема.

Система уравнений (1)–(2) дополняется следующими граничными и начальными условиями:

$$\boldsymbol{\sigma}_z\big|_{z=h} = P_0, \quad \sigma_y = 0, \quad \varepsilon_x = 0, \quad J(0,z,t) = \frac{J_0(H-z)}{H}, \quad J(x,z,0) = \frac{J_0(H-z)}{H}. \tag{3}$$

Предполагается, что модуль объемного сжатия k и модуль сдвига μ материала зависят от момента инерции частиц, а именно: $k = k_* f_1\left(\frac{J}{J_*}\right)$, $\mu = \mu_* f_2\left(\frac{J}{J_*}\right)$ где J_* – минимальный момент инерции, который могут достигнуть частицы, J_0 – максимальный момент инерции в системе, k_*, μ_* – модули объемного сжатия и сдвига, соответствующие минимальному моменту инерции, $f_1\left(\frac{J}{J_*}\right), f_2\left(\frac{J}{J_*}\right)$ – функции, определяющиеся из эксперимента. В данной работе моделирование проводилось для случая, когда $k(J) = k_*\left(\frac{J}{J_*}\right)^2$, $\mu(J) = \mu_*\left(\frac{J}{J_*}\right)^{-2}$. Такой вид функций основывается на экспериментальных результатах, полученных в работе [4]; чем больше момент инерции, тем больше модуль объемного сжатия и меньше модуль сдвига.

Из условия равновесия (1) следует, что тензор напряжений имеет вид:

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{P_0}{3k+\mu}\left((3k-2\mu)\mathbf{e}_y\mathbf{e}_y + 2(3k+\mu)\mathbf{e}_z\mathbf{e}_z\right). \tag{4}$$

Предположим, что источниковый член, действующий на области $0 \le y \le L$ имеет вид:

$$\chi = -\alpha_0 \operatorname{tr}(\boldsymbol{\sigma})(J - J_*)(H(0) - H(x-L)), \tag{5}$$

где параметр α_0 характеризует обратную величину твердости частиц, $H(x)$ функция Хевисайда. Тогда, в безразмерной форме уравнение (2) может быть записано как:

$$\frac{\partial \bar{J}}{\partial \tau} + \frac{v_0 J_*}{\alpha_0 P_0 L}\frac{\partial \bar{J}}{\partial \bar{x}} = \frac{9\bar{P}k_*}{P_0\left(3+\frac{\mu}{k}\right)}\left(\bar{J}-1\right), \quad \bar{J} = \frac{J}{J_*}, \quad \bar{x} = \frac{x}{L}, \quad \bar{P} = \frac{P_0}{k_*}. \tag{6}$$

Стационарное решение уравнения (6) с начальным условием (3) представлено на рис. 3. Распределение момента инерции по горизонтальному сечению имеет ярко выраженный нелинейный характер (рис. 3, а). Изменение момента инерции по сечению тем значительнее, чем ниже расположено сечение. На рис. 3, б представлен график распределения момента инерции в различных вертикальных сечениях. Синяя линяя соответствует начальному распределению момента инерции при вхождении материала в дробильную установку. Чем дольше находятся гранулы под действием внешнего давления, тем меньше становится разница в распределении момента инерции по вертикальному сечению.

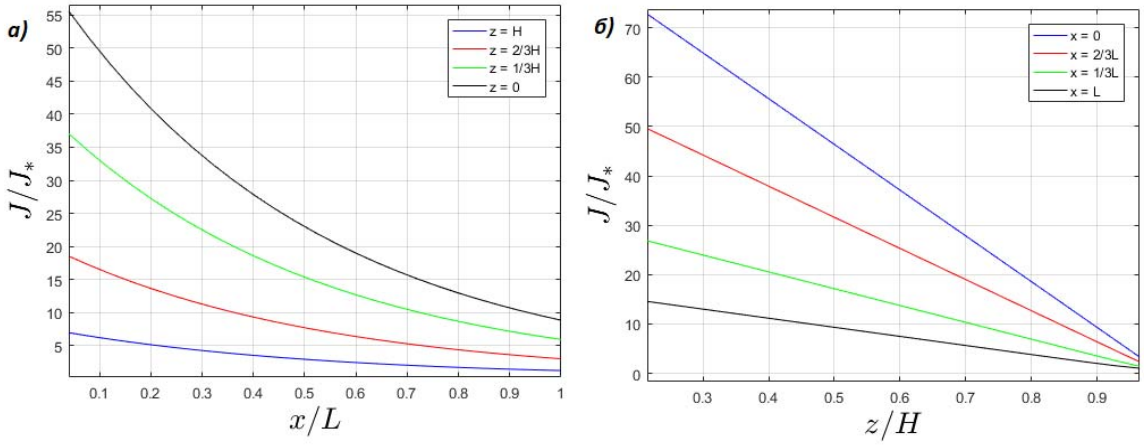


Рис. 3. Распределение момента инерции линейно – упругого материала в а) горизонтальных сечениях. б) вертикальных сечениях.

Рассмотрим теперь несжимаемый линейно-вязкий материал. На рис. 4 схематически изображен материал и параметры системы.

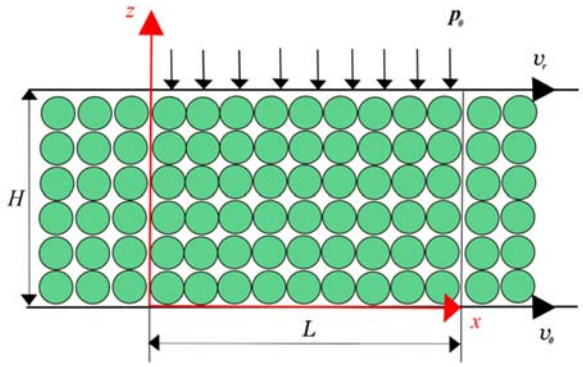


Рис. 4. Схематический рисунок линейно-вязкой системы.

Определяющее соотношение для материала примем в следующем виде:

$$\boldsymbol{\sigma} = -p\mathbf{E} + \eta(\nabla\mathbf{v} + \mathbf{v}\nabla), \tag{7}$$

где η – коэффициент вязкости. В этом случае условие равновесия (1) заменяется на баланс количества движения:

$$\frac{\delta\mathbf{v}}{\delta t} = \nabla\cdot\boldsymbol{\sigma}. \tag{8}$$

Источниковый член для данного материала будет определяться уравнением:

$$\chi = -\alpha_0 P_0 \left(J - J_*\right)\left(H(0) - H(x-L)\right), \tag{9}$$

Предположим, что в начальный момент времени все гранулы находились в состоянии покоя и имели одинаковый момент инерции:

$$\mathbf{v}(x,z,0) = \mathbf{0}, \quad J\left(x,z,0\right) = J_0. \tag{10}$$

В качестве граничных условий примем, что нижний и верхний ряды частиц движутся со скоростью конвейера (условие прилипания). Однако скорость верхнего конвейера может отличаться от нижнего:

$$\mathbf{v}(x,0,t) = v_0\mathbf{e}_x, \quad \mathbf{v}(x,H,t) = \beta v_0\mathbf{e}_x, \quad (0 \le \beta \le 1). \tag{11}$$

Кроме того, учтем, что все частицы при попадании в дробильную установку имеют одинаковый момент инерции, т.е.

$$J(0,z,t) = J_0 . \tag{12}$$

Будем искать решение для поля скоростей в виде $\mathbf{v} = v(z)\mathbf{e}_x$. Тогда в безразмерной форме система уравнений (8), (2) примет вид:

$$\frac{\partial \bar{J}}{\partial \tau} + \frac{v_0 J_*}{\alpha_0 P_0 L}\frac{\partial \bar{J}}{\partial \bar{x}} = \frac{9\bar{P}k_*}{P_0\left(3+\dfrac{\mu}{k}\right)}\left(\bar{J}-1\right), \tag{13}$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial \tau} = \frac{\nu}{\alpha_0 P_0 H^2}\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{z}^2}, \quad \bar{v} = \frac{v}{v_0}, \tag{14}$$

где ν – динамический коэффициент вязкости.

Для численного решения системы уравнений (13), (14) с граничными и начальными условиями (10)–(12), был использован явный метод интегрирования. Результаты решения представлены на рис. 5. Левый рисунок показывает распределение момента инерции по высоте для разных горизонтальных сечений при установившемся режиме скоростей, а правый рисунок показывает распределение момента инерции для разных вертикальных сечений. В отличии от линейно – упругого материала распределение момент инерции по сечениям имеет сложный нелинейный характер.

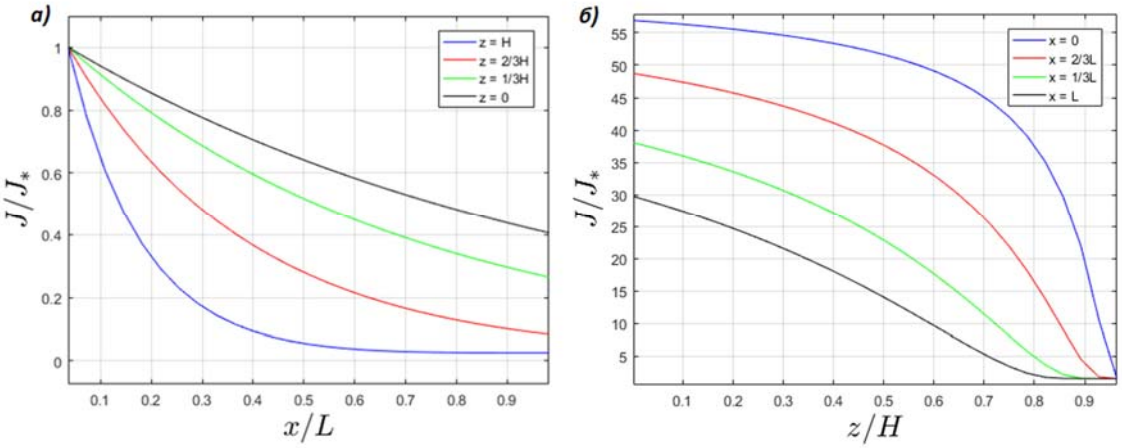


Рис. 5. Распределение момента инерции линейно – вязкого материала в а) горизонтальных сечениях. б) вертикальных сечениях

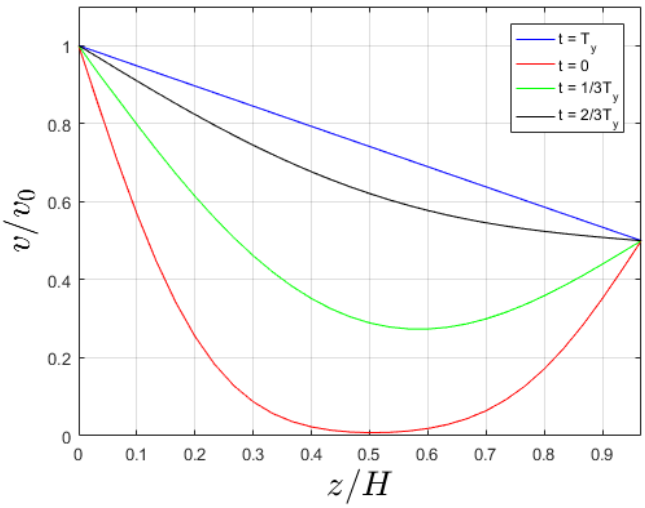


Рис. 6. Распределение поля скоростей по вертикали в разные моменты времени при x = ½ L

Также в работе был исследован процесс перехода системы к стационарному режиму. Рис. 6 описывает выход системы на стационарный режим, соответствующий линейному распределению скорости по вертикали.

В данной работе была предложена новая модель описания процесса измельчения гранулированных сред. В ней было введено в рассмотрение изменение момента инерции, благодаря чему можно получить полную картину его распределения. Рассмотрены определяющие соотношения для момента инерции как функции от характеристик материала и внешних воздействий. Исследован процесс измельчения гранулированной среды при различных реологических свойствах материала, начальных и граничных условиях. В зависимости от них распределение по сечениям момента инерции может иметь как более простой линейный характер, так и более сложный нелинейный.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 16-01-00815-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.Л. Колмогоров, Ю.Н. Логинов, Исследование процесса прессования гранулированных материалов (1976).

2. Elena A. Ivanova, Elena N. Vilchevskaya. Micropolar continuum in spatial description. Continuum Mechanics and Thermodynamics (2016).

3. W.H. Mueller, E.N. Vilchevskaya, W. Weiss. Micropolar theory with production of rotational inertia: A farewell to material description (2017).

4. E. Hamilton. Elastic properties of marine sediments. Journal of geophysical research 76(2), 579–604 (1971).

УДК 539.3

M.D. Stepanov [1], N.A. Kharaldin [1], A.V. Stepanov [1], M.V. Aleshin [1], A.I. Borovkov [2]

[1] SPbPU “Center of Computer-Aided Engineering” (CompMechLab® LLC)

[2] Peter the Great St. Polytechnic University of St. Petersburg

FINITE ELEMENT MODELING OF THE HUMAN TORSO FOR ANALYZING OF CONTUSION INJURIES BALLISTIC IMPACT TESTING

Abstract. The article deals with the computational finite element model of the human torso (CMHT), developed for ballistic impact testing. The torso model including the internal organs (lungs, heart, liver, stomach and spleen), bones (ribs, sternum, cartilages and a simplified model of the spine), muscles and skin (taking into account subcutaneous fat) was created in finite element code LS-DYNA. We have developed CMHT’s geometry models based on the MRI data of the average male person.

The structure of the skeleton was supposed to be elastic/plastic, taking into account the erosion of bone’s material, and all internal organs were modeled as viscoelastic. In order to test mathematical models of materials for each organ and bone type, we have carried out validation simulations based on the results of experiments found in the literature.

To develop a mathematical model of the spleen, the LS-opt program was used, which made it possible to optimize the parameters of the viscoelastic model using experimental curves.

The mathematical model of the torso was validated on the basis of experiments on cadavers found in literature. As the major experiment, we chose frontal thorax impact test. Comparison of the results of physical and virtual experiments showed a good agreement between developed CMHT model and the real sample of the human torso and mannequins, which are used in crash test modeling.

Analysis the nature of contusion injuries from ballistic impacts allows applying CMHT for development and testing elements of armor protection. In addition, CMHT can be used in simulations for the automotive industry to assess human damage during virtual crash tests.

Introduction. A detailed mathematical model of the human torso allows studying the nature of contusion injury depending on the level of contusion exposure in order to develop and test elements of individual armor protection of the human torso. In turn, the use of mathematical modeling reduces the time to develop new models of individual protection and the cost of their production.

The human body models described in [1–4] are widely used in the automotive industry. A mathematical model of the THUMS and the Hybrid dummies are used to evaluate and predict passenger's injuries during the virtual crash tests. Also, the article [5, 6] describes the finite element model of the human torso in order to assess the severity of injuries in the simulation of the explosion. However, these models of the human body do not allow a detailed assessment of the severity of the damage to each organ and bones of a person with high-speed ballistic effects.

The contact between the armor protection and the human body ensures the transfer of the impulse / energy of the ballistic projectile to the body. Despite the fact that modern body armor prevents penetration of bullets or fragments inside the human body, the impact of protection on the body may cause a contusion injury [7].

The mathematical model of the trunk described in this article was developed to assess the contusion effect on the human torso. During the development it was assumed that when a bullet enters the armor plate of the protective vest, a bulge is formed, repeating the shape of the ball (Fig. 1). Thus, in this work, the contusion effect of the shot on the body armor was modeled by the ingress of a steel ball into the human torso.

Predicting the severity of injuries during the virtual fire tests is a challenging task at the use of the human torso model to develop new samples of armor protection. In the course of work on this project were conducted 42 virtual experiments: shots on 21 zones with energy of 40 and 80 J (these energy values were chosen as thresholds for medium and severe injuries). After processing the test results, were obtained Wayne State tolerance curves, which will further allow to determine the severity of injuries obtained in virtual tests.

Geometry model. The torso model includes major organs of the chest and abdomen (lungs, heart, liver, stomach, spleen, and simplified intestinal model), chest bones (bone and cartilage of the ribs, sternum, and simplified spine model), muscles, and skin with subcutaneous fat. The geometric model of the trunk was created on the basis of MRI studies of the average man (Fig. 2). The magnetic resonance imaging procedure was performed with an interval of 2 mm in the longitudinal direction [8].

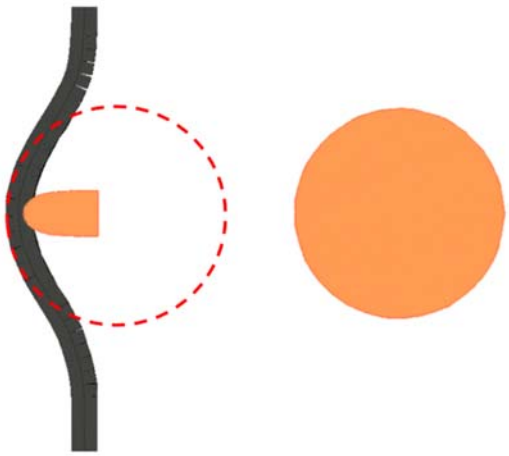


Fig. 1. Hit the bullet in the plate

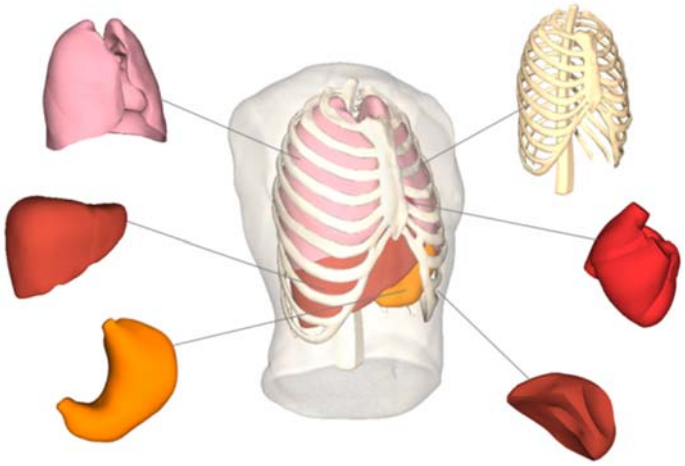


Fig. 2. Geometry model of the human torso

Finite element model. In order to achieve the most accurate similarity with the human anatomy, the grid of the finite element model was constructed using 198 566 three-node shell elements and 5 465 878 solid tetra elements (ELFORM = 13). The average size of the element was 3.5 mm. Nodes of the internal organs and the skeleton are not connected to each other, so the loads from the impactor are transmitted through predetermined contact surfaces. This allows you to determine the slip condition between adjacent organs with each other, as well as between organs and the skeleton.

For modeling of the steel ball contact with the skin was used Type AUTOMATIC_SURFACE _TO_SURFACE with the option SOFT = 1. This parameter is used to model the contact between two bodies with different stiffness. When modeling the above-mentioned contact interaction, friction between the steel ball and the skin was taken into account. The coefficient of friction between the skin and metal [9] was taken to be 0.6.

Validation of the torso model by the example of the frontal impact experiment with a cylindrical damaging object. Based on the experimental data from [10, 11] the validation of whole torso model was made. An experiment about the frontal impact of the thorax by the cylinder was described in the latter. The radius of a cylinder was 152 mm, its mass was 23.4 kg and impact speed was 4.3 m/s. Impact force of the contacting surface of a cylinder and displacements of the thorax's back surface (on the level of the sixth rib) were measured during the experiment. Fig. 3 shows the position of the chest at the initial moment and at the moment of maximum penetration of the impactor.

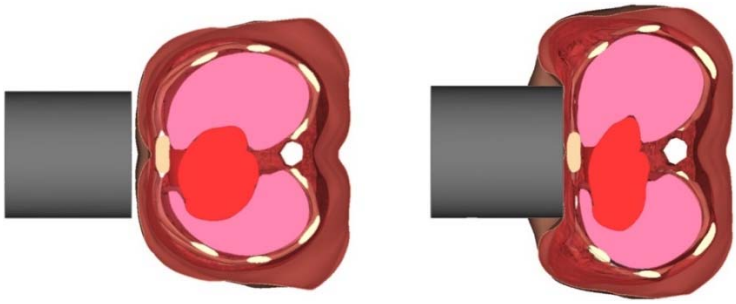


Fig. 3. The position of the chest in the section at the initial moment and at time 0.02 sec

Simulation of contusion injury in order to assess the severity of injuries. Human torso mathematical model: the model of the human body described in this article was created with using the finite element method, which allows analyzing accelerations and pressures in internal organs during the virtual fire test. To solve this problem, we chose the software package LS-DYNA which is developed to solve nonlinear dynamic problems of solid mechanics.

Within the numerical experiment, an impact of a 40 millimeters steel ball (262 grams) into a human torso was simulated. Target zones, which are uniformly distributed over the area of possible contact of body armor with the torso, were chosen. A total of 42 tests were carried out: 21 target zones for two kinetic energies of the ball – 40 J and 80 J (the thresholds we adopted for medium and severe injuries [12]).

Fig. 4 shows the distribution of the stress field at the different times by the example of the 8th target zone.

The resulting pressure plots in the organs were filtered using a CFC5000 filter. When choosing a filter for processing pressure curves, the integral convergence of the filters CFC600, CFC1000, CFC5000, CFC10000 was studied. The study showed that the selected filter does not give a large error in the final result.

Comparison of obtained pressure graphs is not an exhaustive way of assessing the severity of the injuries, because it is not known what will cause a great severe injury: a high-frequency pulse with a large amplitude or a long pulse with a smaller amplitude.

Using the "sliding window" processing algorithm, it was possible to obtain the tolerance curves from the filtered graphs for assessing the severity of the injuries received in a shot at zone 8 (Fig. 5).

The vertical axis represents the average values of the pressure in the organs, and along the horizontal axis – the processing intervals using the "sliding window" method.

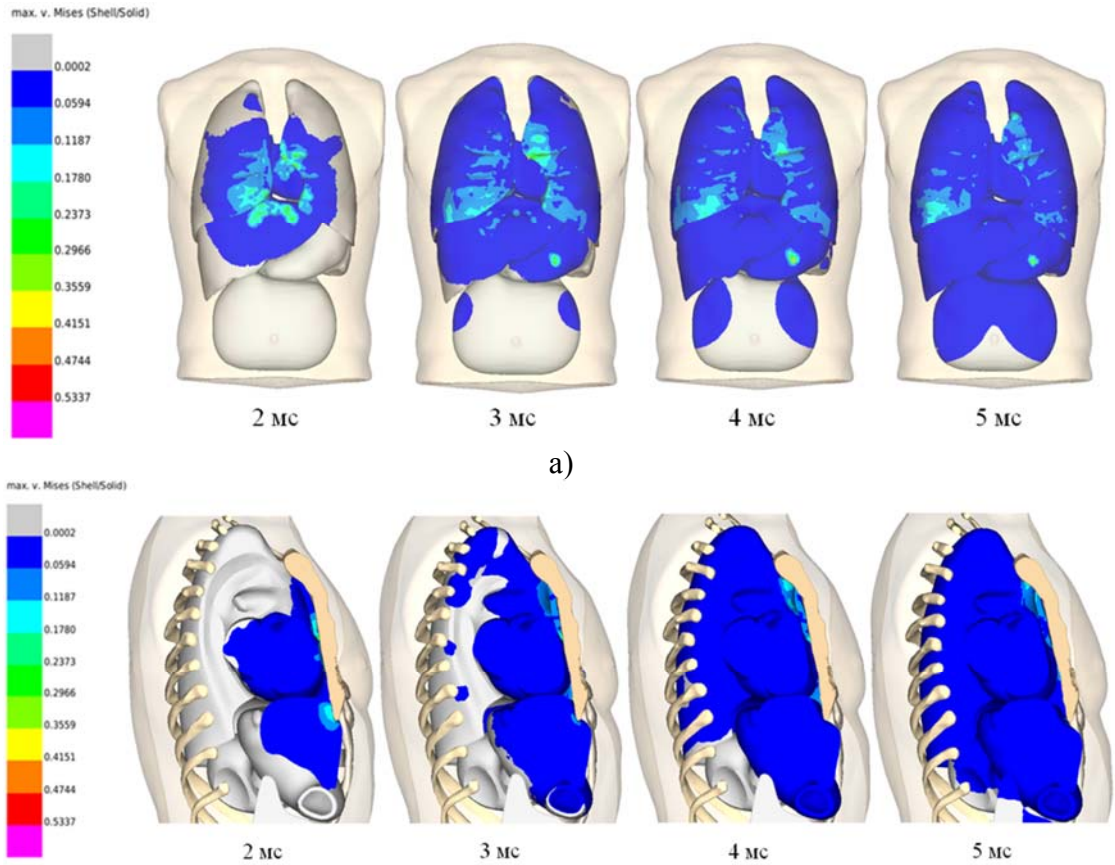


Fig. 4. Distribution of the stress field (MPa): a) front view; b) side view (cross section)

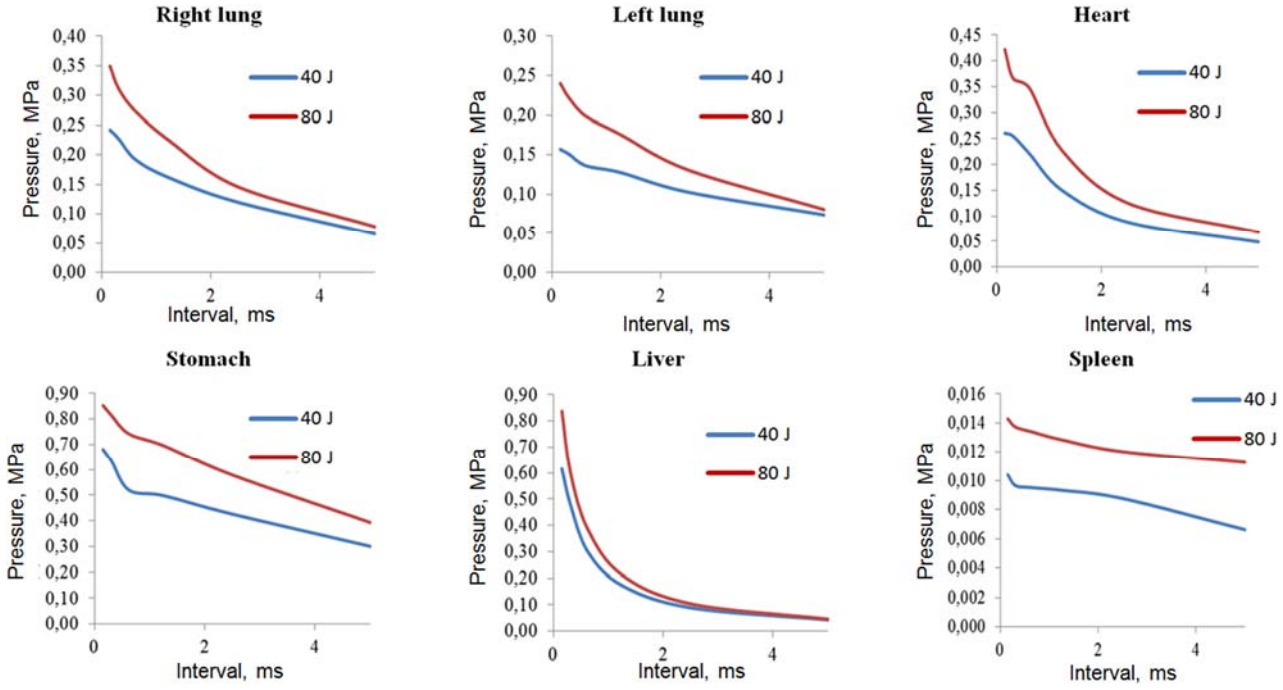


Fig. 5. Pressure tolerance curves for the 8th zone (40J and 80J)

Thus, for each organ, was obtained a corridor of pressure values: below the blue line (40 j) – a person will receive a light degree of severity, between the blue (40 j) and red (80 j) – an average degree, above the red (80 j) – heavy.

The curves we obtained in this study are similar in behavior to the results obtained by our colleagues during the tests with the real pigs.

Obtained graphs can be used as criteria for the severity of injuries sustained in ballistic tests. Thus, when carrying out a virtual test of a new armored protection sample, tolerance curves for each organ in the torso model can be obtained. Afterwards, the obtained curves for the new sample are compared with the corridors of the pressure values in Figure 5 and a conclusion is made about the expected nature of the injuries and the degree of their severity.

Conclusion. The mathematical model of the human torso, described in this article, is the first step to creating a virtual site for design of the new models of an individual armor protection. This model allows you to assess the severity of the injuries suffered by a man as a result of shelling the bulletproof vest bullets.

Since the main purpose of above described modeling is to obtain pressure curves with peak values from each body (to obtain the tolerance curves), when creating the torso model, much attention was paid to mechanics of wave propagation in a viscoelastic body. An important role in the modeling of this process is played by the considering the behavior not only of internal organs, but also of soft and bony tissues, as well as the contact interaction of both the body with the injuring object and between the intestines of the torso, which was given great attention.

Thus, the possibility of studying the nature of retrograde contusion injury makes it possible to apply the torso model for the development and testing of elements of individual human protection. In turn, the use of computer modeling reduces the time to develop new models of individual protection and the cost of their production. Also, the developed digital model of the human torso can be used in the automotive industry for the purpose of detailed forecasting of damage received by a person during virtual crash tests

REFERENCES:

1. Shigeta K, Kitagawa Y, Yasuki T., “Development of next generation human FE model capable of organ injury prediction”, Proceedings of the 21st Annual Enhanced Safety of Vehicles, 2009.

2. Iwamoto M, Nakahira Y, Tamura A, Kimpara H, Watanabe I, Miki K., “Development of advanced human models in THUMS”, InProc. 6th European LS-DYNA Users' Conference, pp. 47–56, 2007.

3. Maeno T, Hasegawa J., “Development of a finite element model of the total human model for safety (THUMS) and application to car-pedestrian impacts”, 2001.

4. Mohan P, Marzougui D, Van De Velde R, Kan CD, “Development of detailed finite element dummy models”, In6th LS-DYNA Forum, 2007.

5. Ward E. E. et al., “Modeling the effects of blast on the human thorax using high strain rate viscoelastic properties of human tissue”, IUTAM Symposium on Impact Biomechanics: From Fundamental Insights to Applications, pp. 17–24, 2005.

6. Roberts J. C. et al., “Modeling nonpenetrating ballistic impact on a human torso”, Johns Hopkins APL Technical Digest, vol. 26, no. 1, pp. 84–92, 2005.

7. Cannon L., “Behind armour blunt trauma-an emerging problem”, Journal of the Royal Army Medical Corps, vol. 147, no. 1, pp. 87–96, 2001.

8. Mitsuhashi N. et al., “BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts”, Nucleic acids research, vol. 37, no. 1, pp. 782–785, 2008.

9. Coefficients of friction of rest and sliding for the most common materials [Online]. Available: http://tehtab.ru/guide/guidephysics/frication/frictiontovariouspairs/ (In Rusian)

10. Poulard D., Subit D., “Unveiling the structural response of the ribcage: contribution of the intercostal muscles to the thoracic mechanical response”, 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV) National Highway Traffic Safety Administration, no. 15-0387, 2015.

11. Then C. et al., “A method for a mechanical characterisation of human gluteal tissue”, Technology and Health Care, vol. 15, no. 6, pp. 385–398, 2007.

12. Suprun A.Yu., Denisov A.V., Suprun T.Yu., Zhirnova N.A., Demchenko K.N., “The effect of pulmonary contusion severity on the traumatic disease course in associated chest trauma”, Vestnik of Russian military medical Academy, no. 2(58), pp. 92–99, 2017. (in Russian)

УДК 532.517+697.921

М.А. Засимова[1], Н.Г. Иванов[1], Д. Марков[2]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Софийский технический университет, Болгария

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В АУДИТОРНОМ ПОМЕЩЕНИИ С МНОЖЕСТВЕННЫМИ ПРИТОЧНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Введение. Обеспечение комфортных и безопасных параметров воздушной среды в обитаемых помещениях (скорости движения воздуха, его температуры, концентрации содержащихся в нем вредных примесей и др.) во многом определяется схемой воздухообмена, заложенной в основу системы вентиляции. При принятии практических решений по организации воздухообмена обычно используются инженерные методики расчета, основанные на балансовых соотношениях и эмпирических данных, отвечающих различным условиям раздачи приточного воздуха [1, 2]. Такие методы позволяют оценить интегральные характеристики струйных течений из воздухораспределителей и параметры движения воздуха в помещении (дальнобойность струй, характерные значения скорости в прямом и обратном потоках, значения коэффициента неравномерности, коэффициента воздухообмена и т.п.), причем полученные оценки по ряду причин не всегда оказываются достоверными. Так, инженерные методики лишь весьма приближенно могут учитывать особенности струйных течений в нетиповых помещениях со сложной геометрией, а также при истечении множественных струй, взаимодействующих между собой. Повышение требований к уровню комфорта и безопасности, обеспечиваемому системами вентиляции, зачастую требует существенного уточнения существующих методик инженерных расчетов, разработанных несколько десятилетий назад и основанных на весьма грубых допущениях.

В последние годы при проектировании вентиляционных систем все чаще используются методы вычислительной гидродинамики, позволяющие проводить трехмерное моделирование турбулентных струйных течений. В инженерной практике при этом используются методы, основанные на численном решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, замыкаемых полуэмпирической моделью турбулентности (RANS/URANS подходы – Steady/Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes). Несмотря на широкое использование RANS моделирования в численных расчетах воздухообмена в стандартных и специализированных помещениях (к примеру, при вентиляции плавательного бассейна [3], ледовой арены [4], кабины пилотируемого самолета [5] и модулей Международной космической станции [6]), вопрос о точности результатов, получаемых с привлечением данного подхода, остается открытым. Оценить степень неопределенности данных RANS можно или на основе сопоставления с результатами более точных вихреразрешающих подходов к моделированию турбулентного движения (как, например, в [7, 8], где RANS-данные сравнивались с результатами, полученными по методу моделирования крупных вихрей, Large Eddy Simulation – LES), или при непосредственном сравнении расчетных данных с эталонным физическим экспериментом, однако при этом обычно рассматривается истечение одиночной струи (см., например, [9]).

В настоящей работе представляются результаты численного моделирования, направленного на оценку структуры вентиляционного течения в приближенном к реальным условиям тестовом помещении с множественными приточными устройствами – аудитории Софийского технического университета. В помещении будут проведены измерения поля

скорости, при этом на этапе постановки эксперимента необходимо максимально учесть требования, предъявляемые к валидационным данным со стороны специалистов по численному моделированию, что в итоге позволит считать результаты эталонными.

Геометрия тестового помещения. Рассматриваемая аудитория Софийского технического университета представляет собой прямоугольное помещение шириной $W = 5.4$ м, длиной $L = 11.8$ м и высотой $H = 3.2$ м, схематически изображенное на рисунке 1а. В геометрическую модель включены подоконник, четыре радиатора, четыре колонны, четыре потолочных комбинированных приточно-вытяжных диффузора и вентиляционные каналы. Все элементы модели помещения имеют форму параллелепипедов. В дальнейшем, размеры объектов вдоль оси "x" будут называться шириной, вдоль "y" – длиной, и вдоль "z" – высотой. Начало координат размещено в углу помещения (рис. 1а).

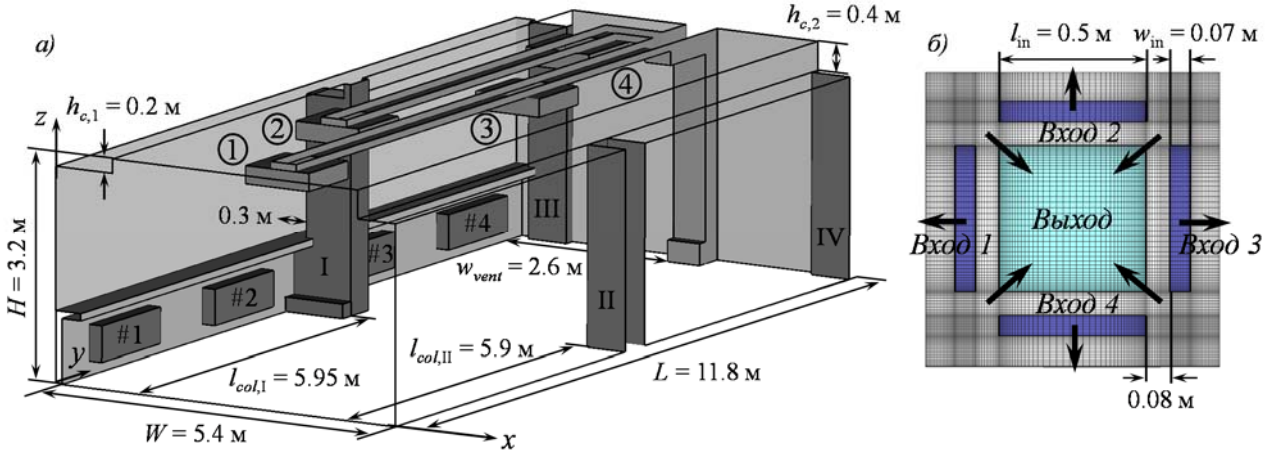


Рис. 1. а) Геометрия расчетной области; б) фрагмент расчетной сетки на поверхности одного из комбинированных приточно-вытяжных диффузоров ($z = 2.85$ м), стрелками схематично показано направление движения воздуха

Подоконник шириной 0.4 м и высотой 0.1 м расположен вдоль стенки $x = 0$, ширина и высота его основания – 0.1×0.9 м. Все радиаторы (#1-4, рис. 1а), отстоящие от пола на 0.2 м, имеют размеры 0.2×1.5×0.5 м, расстояния от торцевой стенки $y = 0$ до радиаторов: #1 – 0.7 м, #2 – 3.6 м, #3 – 6.7 м, #4 – 9.6 м. Потолок помещения имеет два выступа высотой $h_{c,1} = 0.2$ м и $h_{c,2} = 0.4$ м, ширина которых равна 0.9 м и 0.6 м соответственно. Высота колонн совпадает с высотой помещения. Колонна I длиной 0.45 м находится на расстоянии $l_{col,I} = 5.95$ м от стенки $y = 0$ и имеет вблизи пола уступ 0.2×0.2 м. Под подоконником колонна I сплошная вплоть до основания подоконника, ее ширина равна 0.9 м, над подоконником расстояние от колонны I до стенки $x = 0$ составляет 0.3 м, ее ширина равна 0.7 м. Колонна II шириной 0.6 м и длиной 0.5 м, расположенная вблизи противоположной стенки, находится на расстоянии $l_{col,II} = 5.9$ м от стенки $y = 0$. Колонны III и IV, имеющие ширину 0.6 м и длину 0.15 м, примыкают к стенке $y = 11.8$ м и располагаются на расстояниях 0.2 м и 4.5 м от стенки $x = 0$.

Для подачи и отвода воздуха помещение снабжено вентиляционными каналами. Вертикальный канал шириной 0.5 м и длиной 0.3 м примыкает к стенке y = 11.8 м (он размещен на расстоянии $w_{vent} = 2.6$ м от стенки $x = 0$). Канал имеет уступ вблизи пола с размерами 0.5×0.15×0.3 м, и Т-образный выступ вблизи потолка, максимальные размеры которого 0.65×1.2×0.3 м. Вдоль потолка расположены вентиляционные каналы высотой 0.1 м, соединенные с четырьмя приточно-вытяжными устройствами – диффузорами (№ 1-4, рис. 1а) одинаковых размеров 1×1×0.25 м. Расстояние от стенки $x = 0$ до диффузоров №2 и №4 составляет 1.4 м, до диффузоров №1 и №3 – 2.4 м, расстояния от стенки $y = 0$ до диффузоров: №1 – 1 м, №2 – 3.9 м, №3 – 6.9 м, №4 – 9.8 м. Как показано на рис. 1б, в центре каждого диффузора размещено квадратное вытяжное отверстие 0.5×0.5 м, через которое происходит

отбор воздуха из аудитории – для расчетной области это выход. По сторонам от центрального отверстия расположены четыре прямоугольных приточных отверстия 0.5×0.07 м, через которые воздух подается в помещение – это входы в расчетную область.

Определяющие параметры. Физические свойства воздуха, подаваемого в помещение, соответствуют температуре 15°C ($\rho = 1.225$ кг/м^3, $\mu = 1.8\times10^{-5}$ кг/м·с). На каждом из 16 входных отверстий задается однородный профиль скорости $V_{in} = 4.26$ м/с. Угол направления подачи воздуха, отсчитываемый от поверхности потолка, равен 45°. Число Рейнольдса, построенное по ширине входного отверстия, составляет $Re = w_{in} V_{in} / \nu = 2\times10^4$. На выходных границах ставятся мягкие граничные условия, остальные границы расчетной области – твердые стенки с условиями прилипания.

Вычислительные аспекты. Моделирование турбулентного течения воздуха осуществлялось на основе URANS подхода с использованием стандартной k-ε модели турбулентности в сочетании с опцией «Enhanced wall treatment». Уровень турбулентности на входе определялся интенсивностью турбулентности, I = 5%, и отношением турбулентной вязкости к молекулярной, TVR = 10. Использовались квазиструктурированные гексагональные расчетные сетки со сгущением ко входным и выходным отверстиям и к стенкам, построенные в сеточном генераторе ANSYS ICEM CFD 18.2. Общая размерность расчетных сеток составляет 5.85, 10 и 33 млн ячеек. Фрагмент наиболее подробной сетки в области входов и выходов изображен на рис. 1б, ячейки минимального размера расположены вблизи углов входных и выходных отверстий и имеют размеры 10×10×10 мм для сеток 5.85 и 10 млн ячеек, и 3×3×3 мм для сетки 33 млн. Высота первых пристенных ячеек (всюду, за исключением поверхностей диффузоров) составляет 20 мм, что обеспечивает значения безразмерного расстояния от центра первой пристенной ячейки до стенки, y^+, в диапазоне 1–60. Сопоставление решений, полученных на различных сетках, позволило оценить уровень сеточной зависимости численного решения.

Численное моделирование выполнено с помощью программного комплекса ANSYS Fluent версии 18.2 с использованием ресурсов суперкомпьютерного центра «Политехнический» (http://www.scc.spbstu.ru; задача распараллеливалась на 112 и 504 ядра в зависимости от размерности используемой расчетной сетки). Дискретизация пространственных и временных производных была выполнена со вторым порядком точности. Шаг по времени варьировался и задавался равным 0.004 с (при таком шаге значение числа Куранта во всей расчетной области меньше 1), 0.05 с и 0.5 с. Показано, что частоты разрешаемых колебаний с уменьшением временного шага изменяются, но выбор шага в рассмотренном диапазоне не влияет на осредненные характеристики потока. Продолжительность нестационарной выборки составила до 10 000 с, при этом осредненные по времени характеристики потока перестают меняться при временной выборке, равной 2 000 с.

Результаты. Структуру течения в помещении аудитории иллюстрирует рис. 2, где приведены мгновенные поля модуля скорости в нескольких вертикальных сечениях. Струи воздуха полностью охватывают верхнюю часть помещения, распространяясь достаточно свободно, взаимодействие между струями осуществляется лишь на удалении от диффузоров. Несмотря на идентичность расположения входных отверстий на всех диффузорах, никакой симметрии в картине течения не наблюдается. Так, явно заметны различия в углах поворота струй, распространяющихся в положительном и отрицательном направлениях оси y от диффузора №2. Такая картина течения свидетельствует о его нестационарном характере.

Детальный анализ картины течения, в том числе с привлечением эффектов анимации, показывает, что в численном решении наблюдаются квазипериодические низкочастотные колебания всех струй. На рис. 3а,б приведены мгновенные поля модуля скорости в два последовательных момента времени в сечении, проходящем через диффузоры №2 (слева) и №4 (справа). Видимые различия двух полей указывают на наличие интенсивных колебаний струй, распространяющихся от диффузора №2; колебания развиваются и в струях от

диффузора №4; период колебаний составил примерно T = 500 с. Анимация показала, что колебания струй возникают не в одной плоскости, а оказываются существенно трехмерными.

На рис. 3в представлены мгновенные изоповерхности скорости, которые отражают зоны действия каждой струи. Струи распространяются, периодически поворачиваясь относительно изначального направления течения, в некоторых случаях величина поворота оказывается достаточно большой, как, например, у струи, распространяющейся из диффузора №4 (рис. 3в) в отрицательном направлении оси y.

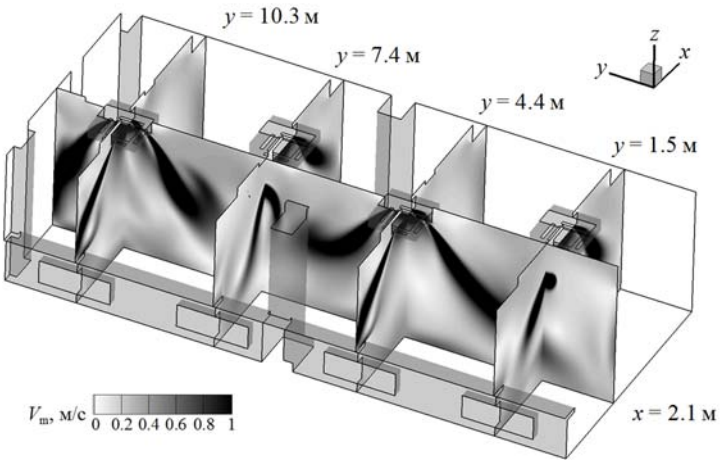


Рис. 2. Мгновенное поле модуля скорости: распределения в нескольких сечениях помещения

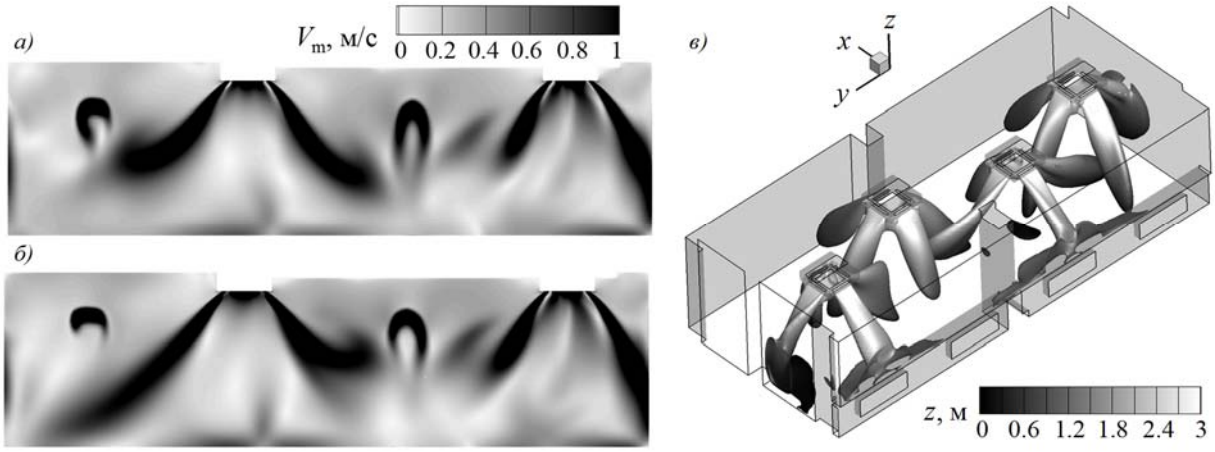


Рис. 3. Мгновенные поля модуля скорости в сечении x = 2.1 м: а) $t = t_0$, б) $t = t_0$ + 335 с;
в) изоповерхности мгновенного модуля скорости, V_m = 0.65 м/с, окрашенные в координату z

На рис. 4а,б показаны средние профили модуля скорости, построенные в двух сечениях помещения вдоль линий, находящихся на разных высотах: линиям a_1, a_2 соответствует z = 2.75 м; b_1, $b_2 - z$ = 2.4 м; c_1, $c_2 - z$ = 2.0 м; d_1, $d_2 - z$ = 1.0 м; e_1, $e_2 - z$ = 0.5 м. Можно заметить, что даже в осредненном поле струи воздуха, формирующиеся от одного диффузора, распространяются в противоположных направлениях не симметрично. Так, на рис. 4б для сечений b_2, c_2 видно, что профили скорости при 0 м < x < 2 м и 2 м < x < 4 м существенно различны. Представленные на рис. 4 профили скорости позволяют оценить характер течения, а также уровень скоростей в обитаемой (рабочей) зоне помещения. Профили скорости в сечениях d и e по форме практически повторяют друг друга, при этом изменяется лишь уровень скоростей. Отметим, что значения скорости в обитаемой зоне достаточно высоки. Видно, что на высоте 1 м, примерно соответствующей положению лица сидящего человека, значения, скорости варьируются от 0.2 м/с до 0.8 м/с.

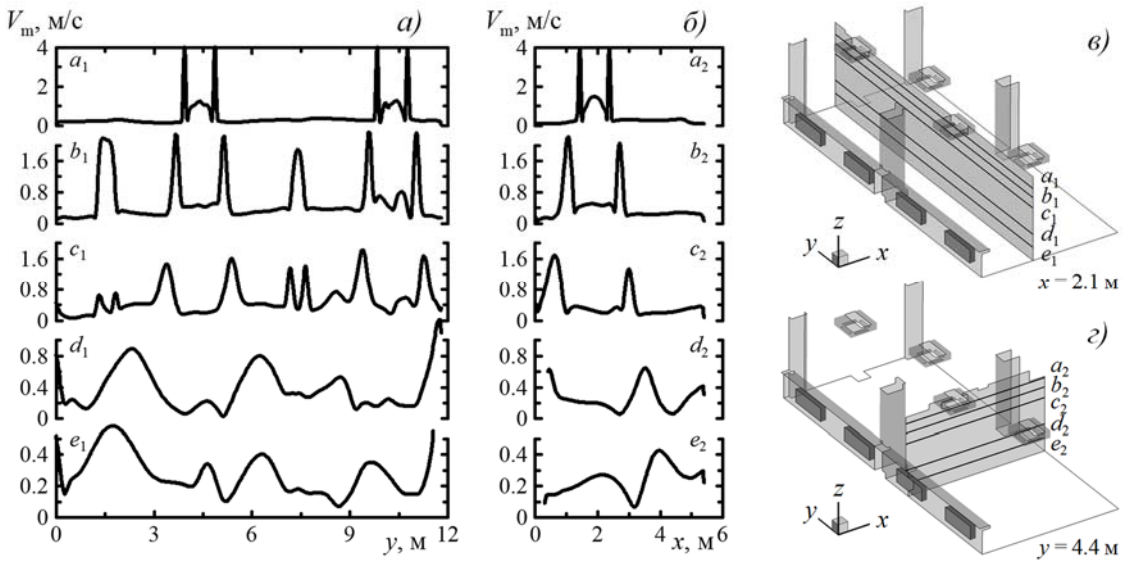


Рис. 4. Профили среднего модуля скорости, построенные в двух плоскостях: а) x = 2.1 м, б) y = 4.4 м; положения сечений вдоль которых построены профили скорости: в) x = 2.1 м, г) y = 4.4 м,

Заключение. В результате расчетов выявлены низкочастотные крупномасштабные колебания, наличие которых следует учитывать при проведении экспериментов: в частности, в ходе экспериментов можно подтвердить наличие периодических поворотов струй. На основе детального анализа поля скорости определены области, где необходимо провести детальные термоанемометрические измерения с более подробным пространственным разрешением. В частности, выявлена существенная пространственная неоднородность поля скорости в обитаемой зоне помещения, что следует учесть при размещении датчиков.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-58-18011).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. Изд. 3-е, доп. и испр. – СПб.: Авок Северо-Запад, 2004. – 320 с.

2. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Бояршинова А.Н. Проектирование систем вентиляции и отопления. – СПб: Лань, 2014. – 336 с.

3. Денисихина Д.М., Луканина М.А., Самолетов М.В. Математическое моделирование микроклимата в помещении бассейна // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2012. – № 6. – С. 56–61.

4. Palmowska A., Lipska B. Experimental study and numerical prediction of thermal and humidity conditions in the ventilated ice rink arena // Building and Environment. – 2016. – Vol. 108. – P. 171–182.

5. Liu W., Wen J., Chao J., Yin W., Shen C., Lai D., Lin C.H., Liu J., Sun H., Chen Q. Accurate and high resolution boundary conditions and flow fields in the first class cabin of an MD 82 commercial airliner // Atmospheric Environment. – 2012. – Vol. 56. – P. 33–44.

6. Son C.H., Turner E.H., Smirnov E.M., Ivanov N.G., Telnov D.S. Integrated Computational Fluid Dynamics Carbon Dioxide Concentration Study for the International Space Station // SAE 2005 Transactions. Journal of Aerospace. – 2006. – P. 89–94.

7. Smirnov E.M., Ivanov N.G., Telnov D.S., Son C.H. CFD modelling of cabin air ventilation in the International Space Station: a comparison of RANS and LES data with test measurements for the Columbus module // Int. J. of Ventilation. – 2006. – Vol. 5 (2). – P. 219–227.

8. Ivanov N.G., Zasimova M.A., Smirnov E.M., Markov D. Evaluation of mean velocity and mean speed for test ventilated room from RANS and LES CFD modeling / In: Proc. of 5th Int. Conf. on Sustainable Solutions for Energy and Environment – EENVIRO 2018, October 10-13, 2018, Cluj-Napoca, Romania. 7 p.

9. Hurnik M., Blaszczok M., Popiolek Z. Air distribution measurement in a room with a sidewall jet: a 3D benchmark test for CFD validation // Building and Environment. – 2015. – Vol. 93. – P. 319–330.

УДК 539.374, 548.55

А.В. Савиковский[1], А.С. Семенов[1], Л.Б. Гецов[2]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] НПО ЦКТИ

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ВЫДЕРЖКИ И КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОРСЕТНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ТЕРМОУСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ

Монокристаллические сплавы на никелевой основе [1] широко используются в качестве конструкционных материалов для рабочих лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) [2]. Термоусталостная прочность таких материалов с анизотропией механических свойств еще не до конца изучена. Целью данной работы является исследование влияния выдержки при максимальной температуре и кристаллографической ориентации (КГО) монокристаллов по отношению к оси нагружения на термоусталостную долговечность, определяемую на основе четырехчленного деформационного критерия [3, 4] с использованием результатов конечно-элементного (КЭ) моделирования натурных экспериментов.

Для исследования термоусталостной прочности в НПО ЦКТИ разработана установка (рис. 1) [2], на которой проводятся эксперименты с использованием плоских корсетных образцов. Зафиксированный двумя болтами, корсетный образец (рис. 2) периодически нагревается путем пропускания электрического тока, что приводит к возникновению в центральной рабочей части значительных осевых знакопеременных напряжений.

Рис. 1. Установка для проведения термоусталостных испытаний

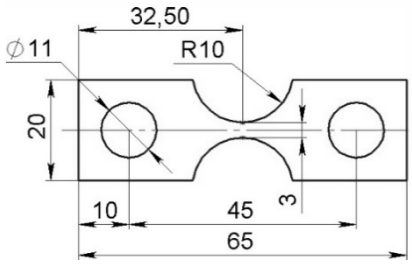


Рис. 2. Геометрия корсетного образца для термоусталостных испытаний

Расчеты напряженно-деформированного состояния и долговечности, а также их последующая экспериментальная верификация, проводились для сплавов ВЖМ4 и ВИН3.

Моделирование неупругого деформирования корсетного образца выполнялось с учетом зависимости свойств сплавов от температуры, анизотропии механических свойств корсетного образца, неравномерного распределения температуры вдоль образца, механических контактов между болтом и образцом и температурного расширения материала образца.

Термомеханическая задача решалась в 2-х конечно-элементных постановках:

- с учетом оснастки и болтов;
- без учета оснастки и болтов (упрощенная формулировка [5]).

Длина представительного объема образца в упрощенной формулировке задачи определялась на основе сравнения пластических деформаций в середине образца и перемещений в контрольных точках, измеряемых в эксперименте. Задача решалась в трехмерной квазистатической постановке. Задавались условия симметрии: фиксировались перемещения по оси y на грани *xz* (рис. 3) и фиксировались перемещения по оси *x* на грани *yz*. На нижней стороне оснастки фиксировались перемещения по всем направлениям. Задавалось усилие предварительного натяжения в болте. Температурные распределения задавались из эксперимента при максимальной и минимальной температурах с линейной интерполяцией во

времени. В КЭ расчетах использовались механические свойства сплава ВЖМ4 из статьи [6] (табл. 1). Механические свойства сплава ВИН3 брались из статьи [7] (табл. 2). Для болтов и оснастки принимались механические свойства стали 45.

Таблица 1. Механические свойства ВЖМ4, используемые в КЭ расчетах

T	**^{0}C**	**20**	**700**	**800**	**900**	**1000**	**1050**
E_{001}	МПа	130000	101000	96000	91000	86000	82000
ν	-	0.39	0.42	0.422	0.425	0.428	0.43
α	1/K	$1.11\cdot10^{-5}$	$1.68\cdot10^{-5}$	$1.74\cdot10^{-5}$	$1.87\cdot10^{-5}$	$2.1\cdot10^{-5}$	$2.3\cdot10^{-5}$
σ_{Y001}	МПа	846	950	-	-	-	820
n	-	8	8	8	8	8	8
A	$МПа^{-n}с^{-1}$	$1\cdot10^{-42}$	$3\cdot10^{-31}$	$1\cdot10^{-29}$	$1\cdot10^{-28}$	$2\cdot10^{-27}$	$1\cdot10^{-26}$

Таблица 2. Механические свойства ВИН3, используемые в КЭ расчетах

T	**^{0}C**	**20**	**500**	**700**	**900**	**1000**	**1050**
E_{001}	МПа	126000	110000	104000	89000	80000	75000
ν	-	0.39	0.41	0.42	0.42	0.425	0.428
α	1/K	$1.21\cdot10^{-5}$	$1.33\cdot10^{-5}$	$1.4*10^{-5}$	$1.5\cdot10^{-5}$	$1.57\cdot10^{-5}$	$1.6\cdot10^{-5}$
σ_{Y001}	МПа	555	800	930	910	645	540
n	-	3	3	3	3	3	3
A	$МПа^{-n}с^{-1}$	$1\cdot10^{-27}$	$8\cdot10^{-17}$	$2.3\cdot10^{-15}$	$6.5\cdot10^{-14}$	$3.5\cdot10^{-13}$	$8\cdot10^{-13}$

В упрощенной формулировке (рис. 3б) мы рассматриваем только образец без оснастки, в котором заданы нулевые перемещения на плоскостях симметрии *xz* и *yz*. На внешней грани, параллельной плоскости симметрии *xz*, были фиксированы перемещения в направлении оси *x*. Для исключения твердотельных перемещений некоторые точки были фиксированы в направлениях *y* и *z*.

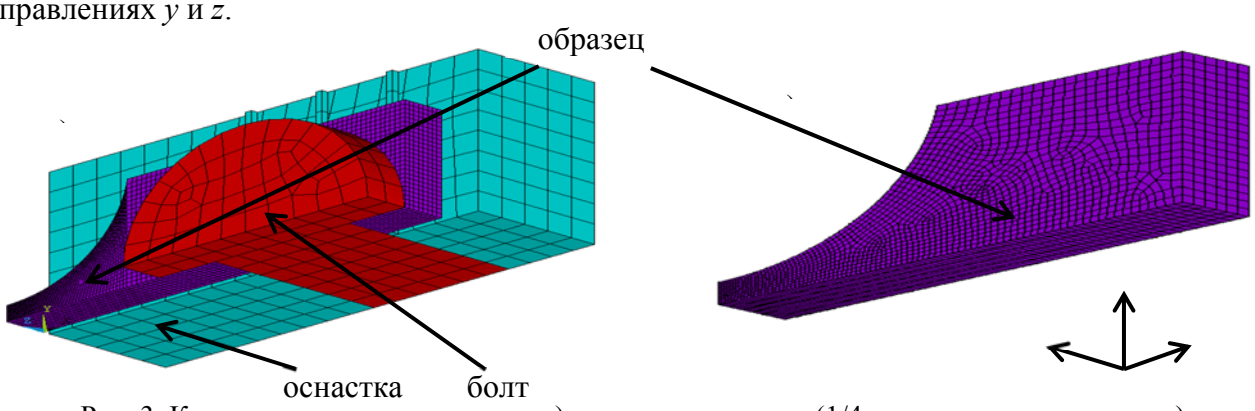


Рис. 3. Конечно-элементная модель: а) с учетом оснастки, (1/4 модели из-за симметрии), б) без учета оснастки (упрощенная постановка), (1/8 модели из-за симметрии)

Полная эффективная длина образца для сплава ВЖМ4 для нескольких температурных режимов составила 38 мм, а для ВИН3 – 43 мм [8]. При выполнении расчетов долговечности полная длина образца для всех сплавов была принята 40 мм.

Моделирование деформирования корсетного образца в упрощенной постановке проводилось с помощью КЭ программного комплекса PANTOCRATOR [9], который позволяет использовать микромеханические модели пластичности и ползучести [10]. Распределение температуры по пространству и времени задавалось на основе экспериментальных данных. Влияние выдержки при максимальной температуре и влияние КГО на количество циклов до образования макротрещины анализируется в диапазоне от 1 мин. до 1 часа для циклических режимов нагружения: максимальной температуры 1050 °C и

разницы температур в 350 °С и 550 °С. Времена нагрева в цикле были 10с и 24с, времена охлаждения в цикле были 16 с и 15 с. КЭ модель и режим циклического нагрева для случая 700↔1050 °С показаны на рис. 4 и 5.

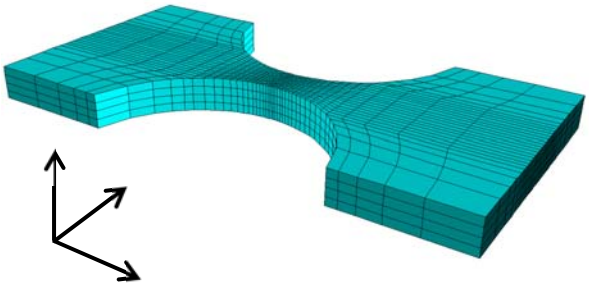


Рис. 4. КЭ-модель корсетного образца для термоусталостных испытаний

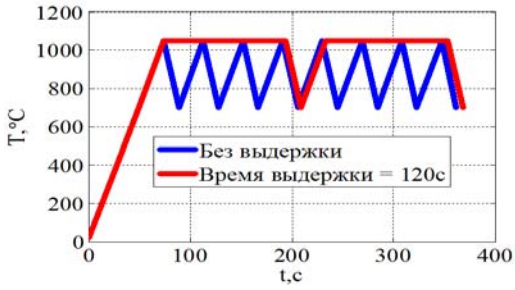


Рис. 5. Изменение температуры во времени в центральной точке образца (схема)

Расчет поврежденности и оценка числа циклов до образования магистральной трещины были сделаны на основе четырехчленного деформационного критерия [3, 4]:

$$D = \sum_{i=1}^{N} \frac{\left(\Delta\varepsilon_{eq_i}^{p}\right)^{k}}{C_1(T)} + \sum_{i=1}^{N} \frac{\left(\Delta\varepsilon_{eq_i}^{c}\right)^{m}}{C_2(T)} + \max_{0\le t\le t_{\max}} \frac{\varepsilon_{eq}^{p}}{\varepsilon_r^{p}(T)} + \max_{0\le t\le t_{\max}} \frac{\varepsilon_{eq}^{c}}{\varepsilon_r^{c}(T)}, \quad (1)$$

где первый и второй члены учитывают накопление пластической деформации и деформации ползучести в пределах цикла, третий и четвертый члены – односторонне накопленные пластическую деформацию (рэтчеттинг) и деформацию ползучести. Число циклов до образования макротрещины N определяется из условия $D = 1$. В расчетах принимались значения $k = 2$, $m = \frac{5}{4}$, $C_1 = \left(\varepsilon_r^{p}\right)^{k}$, $C_2 = \left(\frac{3}{4}\varepsilon_r^{c}\right)^{m}$, $\varepsilon_r^{p} = \varepsilon_r^{c} = \varepsilon_r = 0.13$ и 0.17 для ВЖМ4 и 0.18 для ВИН3 для предельных деформаций пластичности и ползучести при одноосном растяжении.

Рассмотрим оценку влияния времени выдержки на термоусталостную долговечность. Принимаем, что полная деформация ε при одноосном растяжении допускает аддитивное разложение $\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p + \varepsilon_c + \varepsilon_t$, где ε_e – упругая деформация, ε_p – пластическая деформация, ε_c–деформация ползучести и ε_t – температурная деформация. Дифференцируя введенное соотношение в случае релаксации ε =const и учитывая $\dot{\varepsilon_p} = \frac{\dot{\sigma}}{H}$, $\dot{\varepsilon_c} = A\sigma^n$ – закон Нортона, $1/E+1/H=1/E_T$ – касательный модуль, и деля полученное уравнение на σ^n, имеем:

$$\sigma^{-n}\dot{\sigma} = -AE_T. \quad (2)$$

Разделяя переменные, интегрируя от t_0 до t, и используя закон Нортона, получаем:

$$\dot{\varepsilon_c} = A\,[\sigma_0^{1-n} + (n-1)AE_T(t-t_0)]^{\frac{n}{1-n}}. \quad (3)$$

Вводя замену переменной $\tau = \sigma_0^{1-n} + (n-1)AE_T(t-t_0)$ и интегрируя от t_0 до t, приходим к выражению:

$$\Delta\varepsilon_c = \frac{\sigma_0}{E_T}\{1 - [1 + \frac{(n-1)E_T}{\sigma_0}A\sigma_0^{n}(t-t_0)]^{\frac{1}{1-n}}\}. \quad (4)$$

Используя упрощенный деформационный критерий (1) с учетом только 2 слагаемых, связанных с ползучестью: $\frac{\varepsilon_c^{accumul}}{\varepsilon_r} + N(\frac{\Delta\varepsilon_c}{\varepsilon_r})^m = 1$, где N – число циклов до образования магистральной трещины, окончательно получаем:

$$N = \left(\frac{\varepsilon_r}{\frac{\sigma_0}{E_T}\left(1-\left(1+\frac{(n-1)E_T}{\sigma_0}A\sigma_0^{n}(t_{delay})\right)^{\frac{1}{1-n}}\right)}\right)^{m}\cdot\left(1-\frac{\varepsilon_c^{accumul}}{\varepsilon_r}\right), \quad (5)$$

где t_{delay} – время выдержки. В процессе вычислений было принято $E_T = 8.2\cdot10^4$ МПа для ВЖМ4 и $E_T = 7.5\cdot10^4$ МПа для ВИН3, $\sigma_0 = (\alpha_{20-\mathrm{Tmax}}\cdot T_{\max} - \alpha_{20-\mathrm{Tmin}}\cdot T_{\min})\cdot E_T$ – начальные напряжения в процессе релаксации, $\alpha_{20-\mathrm{Tmax}}$ и $\alpha_{20-\mathrm{Tmin}}$ – коэффициенты линейного температурного расширения, $A = 2\cdot10^{-27}$ МПа$^{-n}$с$^{-1}$ для ВЖМ4 и $A = 8\cdot10^{-13}$ МПа$^{-n}$с$^{-1}$ для ВИН3,

$n = 8$ для ВЖМ4 и $n = 3$ для ВИН3. Сравнение экспериментальных данных, аналитической аппроксимации (5) и КЭ расчета для сплавов ВЖМ4 и ВИН3 показано на рис. 6.

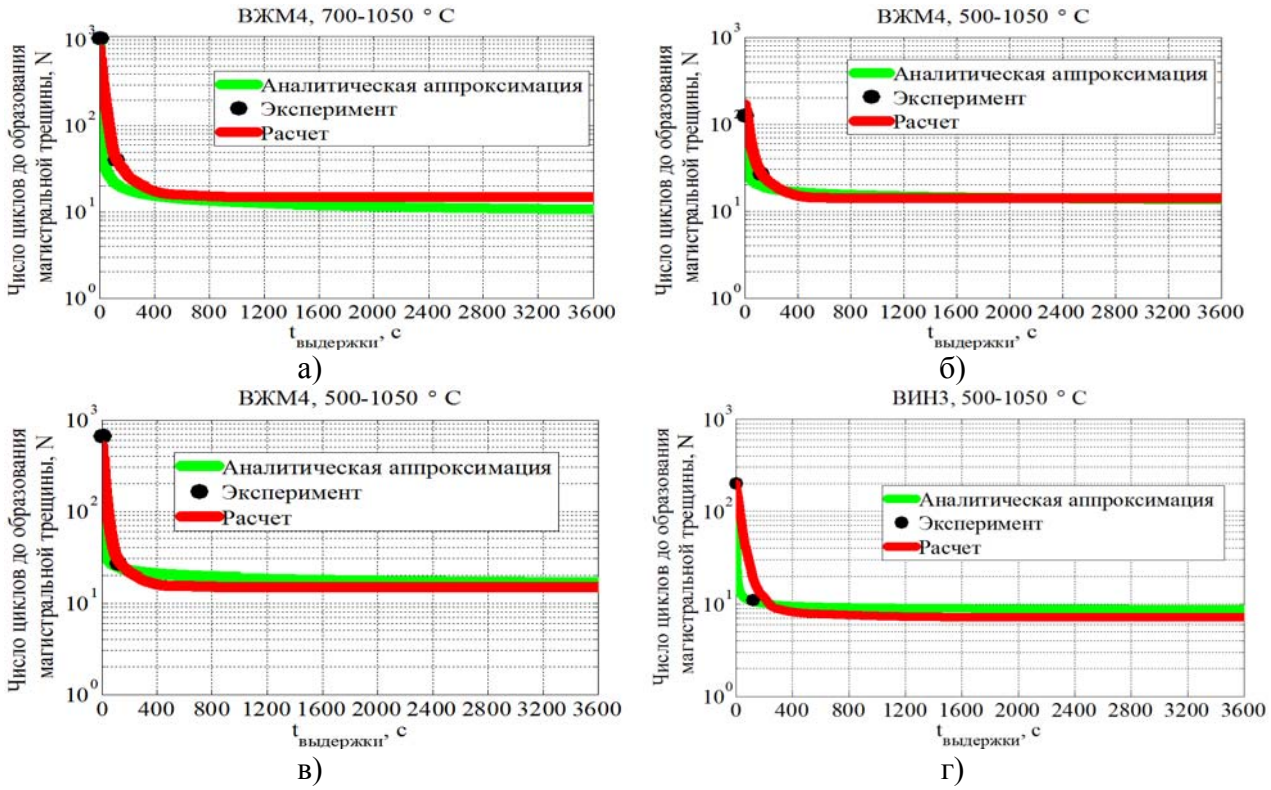


Рис. 6. Сравнение эксперимента, аналитической аппроксимации и результатов КЭ расчета для: а) сплава ВЖМ4, 700↔1050 ^{0}С, $t_{\text{нагр}}$ =10с, $t_{\text{охл}}$=16с, ε_r = 0.17, б) сплава ВЖМ4, 500↔1050 ^{0}С, $t_{\text{нагр}}$ =24с, $t_{\text{охл}}$=15с, ε_r = 0.17, в) сплава ВЖМ4, 500-1050 ^{0}С, $t_{\text{нагр}}$ =10с, $t_{\text{охл}}$=16с, ε_r = 0.17, г) сплава ВИН3, 500↔1050 ^{0}С, $t_{\text{нагр}}$ =10с, $t_{\text{охл}}$=16с, ε_r = 0.18

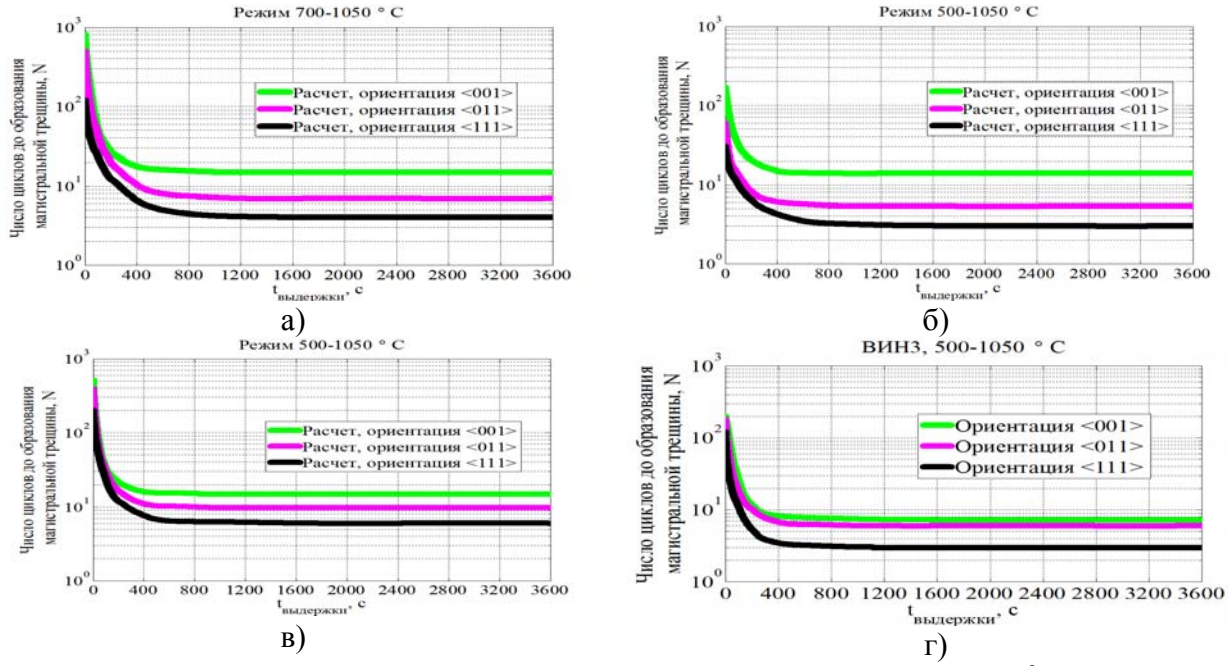


Рис. 7. Влияние КГО на термоусталостную прочность для: а) ВЖМ4, 700↔1050 ^{0}С, $t_{нагр}$ =10с, $t_{охл}$=16с, ε_r = 0.17, б) ВЖМ4, 500↔1050 ^{0}С, $t_{нагр}$ =24с, $t_{охл}$=15с, ε_r = 0.17, в) ВЖМ4, 500↔1050 ^{0}С, $t_{нагр}$ =10с, $t_{охл}$=16с, ε_r = 0.17, г) ВИН3, 500↔1050 ^{0}С, $t_{нагр}$ =10с, $t_{охл}$=16с, ε_r = 0.18

КГО образцов оказывает влияние на скорость ползучести и сопротивление термической усталости. Представляет значительный интерес оценка влияния выдержки при различных КГО на накопление термоусталостных повреждений. Результаты КЭ расчетов влияния КГО на термоусталостную долговечность для режимов 500↔1050 °С, 700↔1050 °С сплава ВЖМ4 и режима 500↔1050 °С сплава ВИН3 показаны на рис. 7. Полученные результаты вычислительных экспериментов указывают на то, что наибольшим сопротивлением термической усталости обладают образцы ориентации [001], а наименьшим [111] для всех рассмотренных материалов и режимов нагружения.

Сравнение данных опытов с результатами КЭ расчетов и аналитических оценок влияния высокотемпературной выдержки на термоусталостную долговечность монокристаллических материалов, выполненных с использованием четырехчленного деформационного критерия (1) для различных режимов нагружения, показали удовлетворительную точность.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ No. 16-08-00845.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шалин Р.Е., Светлов И.Л., Качалов Е.Б. и др. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов – М.: Машиностроение, 1997. – с. 5.

2. Гецов Л.Б. Материалы и прочность деталей газовых турбин, в 2 кн. – Рыбинск: Газотурбинные технологии, 2010.

3. Семенов А.С., Гецов Л.Б. Критерии термоусталостного разрушения монокристаллических жаропрочных сплавов и методы определения их параметров // Проблемы прочности. 2014, № 1. – С. 50–62.

4. Getsov L.B., Semenov A.S., Staroselsky A. A failure criterion for single-crystal superalloys during thermocyclic loading // Materials and technology. 2008. Vol. 42. – P. 3–12.

5. Май Ш., Семенов А.С. Моделирование процессов неупругого циклического деформирования монокристаллических образцов // Материалы XXXIX Недели науки СПбГПУ. 2010. Ч. V. С. 73–74.

6. Каблов Е.Н., Петрушин Н.В., Светлов И.Л., Демонис И.М. Никелевые литейные жаропрочные сплавы нового поколения. Юбил. науч.-техн. сб. Авиационные материалы и технологии. М: Труды ВИАМ. 2012. – С. 36–52.

7. Семенов С.Г., Гецов Л.Б., Семенов А.С., Петрушин Н.В., Оспенникова О.Г., Живушкин А.А. К вопросу о повышении ресурсных возможностей сопловых лопаток газотурбинных двигателей на основе использования нового монокристаллического сплава // Надежность, прочность, износостойкость машин и конструкций. 2016. № 4. – С. 30–38.

8. Savikovskii A.V., Semenov A.S., Getsov L.B. Thermo-electro-mechanical modeling of thermal fatigue failure process of corset sample from single-crystal nickel superalloys // Advanced problems in mechanics: proceedings of the XLVI summer school-conference. – SPb.: SPbPU and IPME RAS. – 2018. – p. 233.

9. Семёнов А.С. PANTOCRATOR – конечно-элементный программный комплекс, ориентированный на решение нелинейных задач механики / Труды V-ой Межд. конференции "Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций". СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – С. 466–480.

10. Besson J., Cailletaud G., Chaboche J.-L., Forest S., Blétry M. Non-Linear Mechanics of Materials, Springer, 2010.

УДК 620.179.162

А.Р. Галяутдинова, Д.А. Третьяков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭВОЛЮЦИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ И МЕР ПОВРЕЖДЕННОСТИ ПРИ УСТАЛОСТНОМ РАЗРУШЕНИИ МЕТАЛЛОВ

Исследование влияния процессов неупругого деформирования и накопления повреждений на анизотропию акустоупругих свойств технических конструкций является актуальной задачей для обеспечения их безопасной эксплуатации путем развития существующих и разработки новых эффективных методов неразрушающего контроля.

Акустическая анизотропия [1], проявляющаяся в различии скоростей взаимно ортогональных поперечных волн в твердом теле, лежит в основе методов акустоупругости [2] и акустоповрежденности [3], являющихся единственными альтернативными тензометрии методами неразрушающего контроля. В отличие от тензометрии, основанной на измерении деформации поверхности материала, данные методы позволяют получать информацию об осредненных по толщине механических напряжениях [2].

Результаты исследований характера изменения акустической анизотропии в случае циклического нагружения конструкций были получены представителями нижегородской научной школы. В работе [4] авторами были получены результаты расчетов коэффициентов Пуассона ν_{31} и ν_{32}, измеренных вдоль и поперек направления проката, и акустической анизотропии для образцов из аустенитной стали 08Х18Н10Т, подверженных циклическим нагрузкам. Был сделан вывод о том, что полученный в ходе экспериментов немонотонный характер изменения акустической анизотропии вызван зависящим от кристаллографической текстуры и накопленной микроповрежденности изменением эффективных модулей упругости в ходе усталостного нагружения [4]. В дальнейшем [5] авторами был предложен метод оценки степени деградации механических свойств на основании измерения коэффициентов Пуассона, однако выдвинутое в [4] предположение о характере изменения акустической анизотропии не нашло дальнейшего развития.

Работа посвящена исследованию эволюции акустической анизотропии, мер поврежденности и коэффициентов Пуассона в случае усталостных испытаний образцов из промышленного проката с целью проверки выдвинутых в работах [4,5] гипотез.

Из алюминиевого проката марки АМц были изготовлены образцы в виде пластин с концентратором напряжений (рис. 1). Пластины были вырезаны поперек проката.

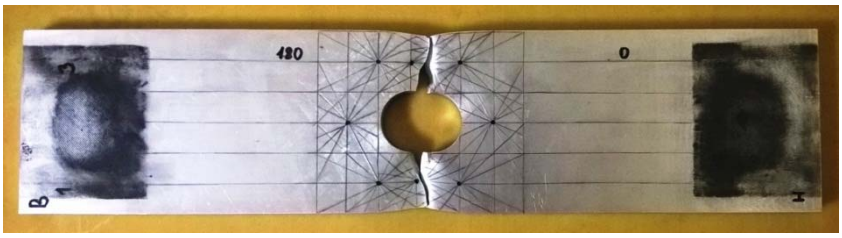


Рис. 1. Пластина после разрушения

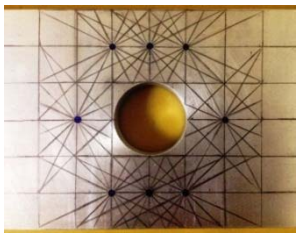


Рис. 2. Исследуемые точки

Механические испытания проводились на гидравлической машине INSTRON-8850. Всего было реализовано 6 этапов нагружения, на каждом из которых при помощи акустического датчика 5 МГц осуществлялось прецизионное измерение временных задержек между отраженными зондирующими импульсами с точностью до 1 нс.

Пластина была разрушена после 109237 циклов нагружения (на рис. 1). В отличие от метода акустоупругости, были построены угловые диаграммы акустической анизотропии

путем поворота системы из двух ортогональных поперечных волн на различные углы относительно направления действия растягивающей нагрузки. Акустическая анизотропия вычислялась как $a = 2(v_1 - v_2)/(v_1 + v_2)$, где v_1 и v_2 – скорости взаимно ортогональных поперечных волн.

Рассмотрим крайнюю левую точку на рис. 2, подверженную действию сжимающих напряжений. На рис. 3 представлено семейство угловых диаграмм акустической анизотропии для различного числа циклов нагружения пластины. Акустическая анизотропия построена с учетом правила знаков, согласно которому скорость v_1 направлена вдоль линии действия нагрузки. Максимальное положительное приращение акустической анизотропии наблюдается в направлении проката (рис. 3). Характер угловых диаграмм позволяет говорить о существенном влиянии проката на распространение ультразвуковых волн, что ранее было показано на примере волн Лэмба в случае одноосного растяжения образцов из тонколистового стального проката [6].

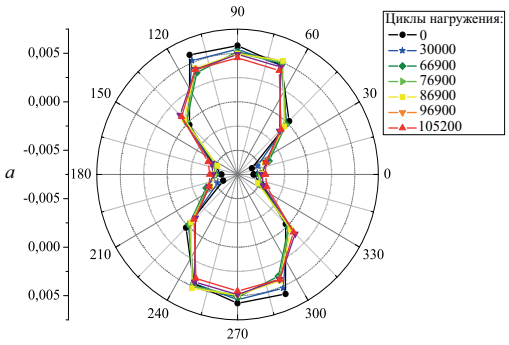


Рис. 3. Угловые диаграммы акустической анизотропии

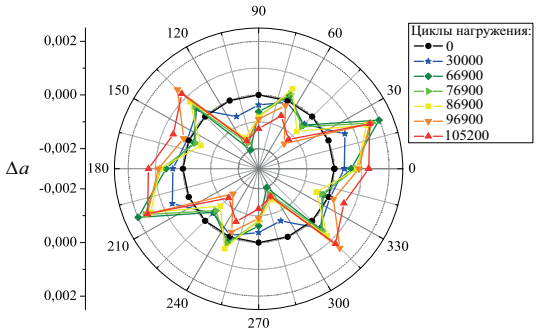


Рис. 4. Изменение акустической анизотропии Δa

На рис. 4 видно, что изменение акустической анизотропии относительно ненагруженного состояния происходит на неодинаковую величину в различных направлениях ориентации системы из двух ортогональных поперечных волн. Видно, что максимальные изменения акустической анизотропии приходятся не на угол, равный 0°, а на смежный с ним угол 22.5°. Данное явление в опубликованных ранее работах [4, 5] не исследовалось. Кроме того, на рис. 4 видно, что имеет место монотонное изменение акустической анизотропии, которое может быть объяснено накоплением микроповреждений. Следует отметить, что в работе [5] авторами рассматривалось малоцикловое разрушение образцов после 500 циклов нагружения. В таком случае влияние пластических деформаций на акустическую анизотропию может превосходить вклад от накопления повреждений и приводить к ее немонотонному изменению [7, 8].

Меры поврежденности вычислим на основе соотношений, полученных в работе [9]. В общем случае тензор эффективных напряжений $\overline{\boldsymbol{\sigma}}$ оказывается несимметричным. Наиболее известными схемами симметризации тензора эффективных напряжений являются явная аддитивная схема (ЯАС), явная мультипликативная схема (ЯМС) и неявная аддитивная схема (НАС) [10]. Соотношения, связывающие тензор $\boldsymbol{\sigma}$, тензор $\overline{\boldsymbol{\sigma}}$, тензор $\mathbf{D}$ и главные значения тензора поврежденности со скоростями ультразвуковых волн имеют следующий вид:

ЯАС:
$$\overline{\boldsymbol{\sigma}} = \frac{1}{2}\left[(\mathbf{1}-\mathbf{D})^{-1}\cdot\boldsymbol{\sigma} + \boldsymbol{\sigma}\cdot(\mathbf{1}-\mathbf{D})^{-1}\right] \qquad \begin{cases} D_3 = 1-(\overline{v}_3/v_3)^2 \\ D_2 = 1-\left[2(\overline{v}_2/v_2)^{-2} - (\overline{v}_3/v_3)^{-2}\right]^{-1} \\ D_1 = 1-\left[2(\overline{v}_1/v_1)^{-2} - (\overline{v}_3/v_3)^{-2}\right]^{-1} \end{cases} \qquad (1)$$

ЯМС: $$\overline{\boldsymbol{\sigma}} = \left(\mathbf{1} - \mathbf{D}\right)^{-1/2} \cdot \boldsymbol{\sigma} \cdot \left(\mathbf{1} - \mathbf{D}\right)^{-1/2} \qquad \begin{cases} D_3 = 1 - \left(\overline{v}_3 / v_3\right)^2 \\ D_2 = 1 - \left(\overline{v}_2 / v_2\right)^4 / \left(\overline{v}_3 / v_3\right)^2 \\ D_1 = 1 - \left(\overline{v}_1 / v_1\right)^4 / \left(\overline{v}_3 / v_3\right)^2 \end{cases} \qquad (2)$$

НАС: $$\boldsymbol{\sigma} = \frac{1}{2}\left[\left(\mathbf{1}-\mathbf{D}\right)\cdot\overline{\boldsymbol{\sigma}} + \overline{\boldsymbol{\sigma}}\cdot\left(\mathbf{1}-\mathbf{D}\right)\right] \qquad \begin{cases} D_3 = 1 - \left(\overline{v}_3 / v_3\right)^2 \\ D_2 = 1 - \left[2\left(\overline{v}_2 / v_2\right)^2 - \left(\overline{v}_3 / v_3\right)^2\right] \\ D_1 = 1 - \left[2\left(\overline{v}_1 / v_1\right)^2 - \left(\overline{v}_3 / v_3\right)^2\right] \end{cases} \qquad (3)$$

где v_3 – скорость продольной волны, v_1, v_2 – скорости поперечных волн в неповрежденном изотропном материале, в качестве которого рассматривалась пластина до испытаний.

Апробация схем путем расчета теоретической акустической анизотропии $a = (D_2 - D_1)/4$ [9] и сравнения ее с экспериментальной акустической анизотропией показала, что относительные погрешности для явной аддитивной схемы лежат в пределах от 0,53% до 3,16%, для явной мультипликативной – от 1,20% до 2,56%, для неявной аддитивной – от 1,53% до 1,94% (рис. 5). Неявная аддитивная схема (3) показала наименьший разброс результатов, поэтому дальнейшие расчеты проводились по ней.

Наблюдается монотонный рост главных значений тензора поврежденности D_1, D_2, построенных для угла 0°, с ростом числа циклов нагружения (рис. 6).

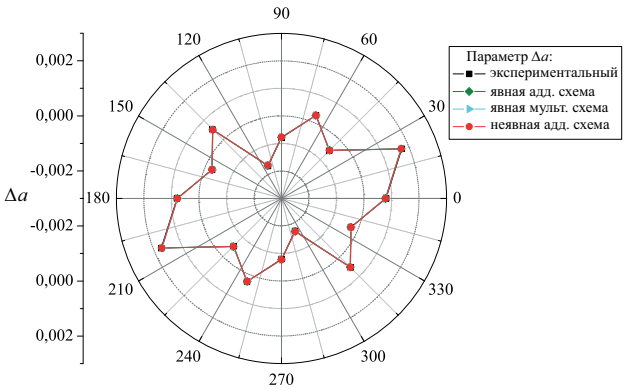


Рис. 5. Апробация схем симметризации тензора $\overline{\boldsymbol{\sigma}}$

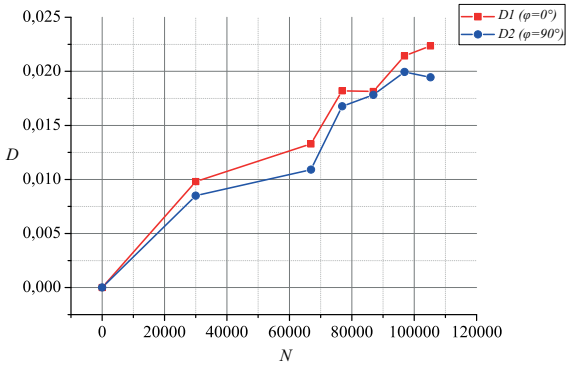


Рис. 6. Поврежденности D_1 и D_2

На рис. 7 показана эволюция угловых диаграмм полной меры поврежденности $D_{nn}(\varphi) = D_1 \cos^2 + D_2 \sin^2 \varphi$. Она отражает картину неравномерного роста поврежденности вдоль различных направлений относительно линии действия растягивающей нагрузки.

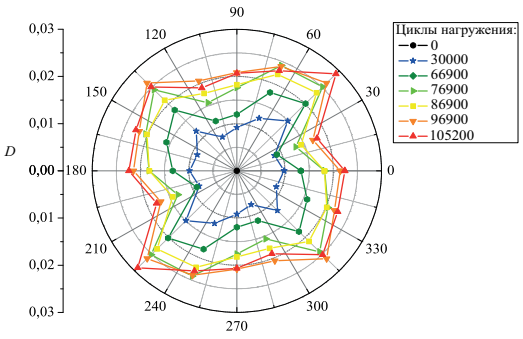


Рис. 7. Полная мера поврежденности $D_{nn}(\varphi)$

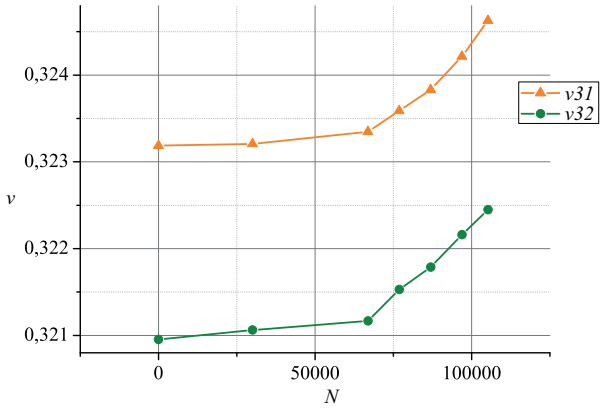


Рис. 8. Коэффициенты Пуассона ν_{31} и ν_{32}

Как видно на рис. 8, накопление повреждений приводит к монотонному изменению коэффициентов Пуассона (4) [4]:

$$\nu_{31} = \frac{0{,}5-(v_1/v_3)^2}{1-(v_1/v_3)^2} = \frac{0{,}5-(t_3/t_1)^2}{1-(t_3/t_1)^2},$$
$$\nu_{32} = \frac{0{,}5-(v_2/v_3)^2}{1-(v_2/v_3)^2} = \frac{0{,}5-(t_3/t_2)^2}{1-(t_3/t_2)^2}. \quad (4)$$

В работе было показано, имеет место монотонный характер изменения акустической анизотропии, главных поврежденностей и коэффициентов Пуассона в случае циклического нагружения, что говорит о возможности применения метода акустоповрежденности к оценке накопленных усталостных повреждений конструкций.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 18-19-00413.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Benson R.W. Acoustoelasticity // Product Engineering. – 1959. – Vol. 30. – P. 56–59.

2. Никитина Н.Е. Акустоупругость. Опыт практического применения // Н.Н.: Талам, 2005.

3. Семенов А.С., Полянский В.А., Штукин Л.В., Третьяков Д.А. Влияние поврежденности поверхностного слоя на акустическую анизотропию // ПМТФ. – 2018. – № 6 (в печати).

4. Мишакин В.В. и др. Диагностика материалов конструкций на ранних стадиях усталостного разрушения и оценка НДС материала конструкций методами неразрушающего контроля // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. – 2011. – № 3–1.

5. Гончар А.В. и др. Изменение упругих характеристик метастабильной аустенитной стали при циклическом деформировании // ЖТФ. – 2017. – Vol. 87. – No. 4. – P. 518–521.

6. Муравьев В.В., Муравьева О.В., Волкова Л.В. Влияние анизотропии механических свойств тонколистового стального проката на информативные параметры волн Лэмба // Сталь. – 2016. – № 10. – С. 75–79.

7. Belyaev A.K. et al. Application of the acoustic anisotropy approach for technical diagnostics of structures with large plastic deformations // AIP Conference Proceedings. – 2016. – Vol. 1785. – No. 1. – P. 030004.

8. Grishchenko A.I. et al. Relationship between the acoustic anisotropy parameter and measures of the stress-strain state for a specimen with a stress concentrator // Days on Diffraction (DD), 2017. – IEEE, 2017. – P. 154–158.

9. Semenov A.S. Symmetrization of the effective stress tensor for anisotropic damaged continua // SPbSPU Journal: Physics and Mathematics. – 2017. – Vol. 3. – No 3. – P. 271–283.

10. Murakami S., Ohno N. A continuum theory of creep and creep damage // Creep in structures. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1981. – P. 422–444.

УДК 004.056

В.М. Крундышев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫМИ СЕРВИСАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СЕТЯХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цифровая трансформация является драйвером современного подхода к обеспечению кибербезопасности. Для традиционных компьютерных сетей задача защиты информации заключалась в обеспечении конфиденциальности, целостности и доступности данных [1]. В последнее десятилетие с появлением динамических межмашинных инфраструктур (VANET, MANET, IIoT, WSN) – основной задачей стало обеспечение сохранности и надежности киберсистем, а также неприкосновенности частной жизни людей. Из-за повышенной

мобильности топологии и растущего объема данных, подвергающихся обработке, традиционные методы защиты становятся неэффективными, поэтому перед исследователями стоит задача создания новых методов обеспечения кибербезопасности, которые отвечают новым вызовам.

В целях производительной обработки больших массивов информации, поступающих от контролируемой сети транспортных средств (СТС), предлагается использовать суперкомпьютерные технологии эластичных вычислений. Эластичные вычисления – разновидность облачных вычислений, которая расширена возможностью динамически подготавливать и освобождать ресурсы (процессоры, память и хранилища данных) [2]. Платформа эластичных вычислений образована облачной средой, на базе которой разворачивается вычислительная инфраструктура контроллера (ПКС-контроллер) безопасности программно-конфигурируемой СТС, автоматически адаптируемая под текущие размерность, динамику и нагрузку контролируемой сети [3].

Контроллер безопасности СТС, построенный на высокопроизводительной вычислительной платформе эластичных вычислений, позволяет программно управлять СТС большого масштаба и высокой мобильности с учетом реализации ролевого контроля и управления доступом участников информационных взаимодействий, поддержания доступности и безопасной маршрутизации в СТС, сохранения пропускной способности СТС и гибкости распределения вычислительной мощности и набора программных сервисов управления.

Внедрение любой программной или аппаратной прослойки, которая выполняет функции обработки и управления сетевыми потоками, существенно влияет на производительность и, соответственно, на интегральную пропускную способность СТС. Управление трафиком и принятие решения на основе состояния сети приводит к необходимости адаптации состава, взаимосвязей компонентов и архитектуры самой системы управления СТС. Высокая производительность обработки трафика необходима в СТС ввиду роста числа одновременных запросов на обслуживание и маршрутизацию. В перспективе такие системы должны обрабатывать десятки миллионов запросов, поэтому вопросы быстродействия необходимо учитывать уже на этапе проектирования. Особую сложность при реализации данного требования вызывает необходимость обеспечения производительности при обработке поступающих запросов в совокупности с быстродействием подсистемы управления безопасностью и маршрутизацией в СТС.

Одновременно с этим необходимость в решении проблемы адаптации системы управления к изменяющимся сетевым нагрузкам определяет необходимость в поддержке разрабатываемым решением определенного уровня гибкости и простоты архитектуры за счет методов масштабирования мощностей и повышения производительности. Для решения этой задачи предложен подход, который заключается в выделении на ПКС-контроллере программных сервисов безопасности в виде пула параллельно выполняющихся виртуальных машин с поддержкой автоматической балансировки нагрузки между ними, что обеспечивает разделение трафика на сетевые потоки, обрабатываемые в создаваемой виртуальной среде параллельно. Сетевые потоки попадают на балансировщик нагрузки, который распределяет трафик между виртуальными машинами. Пул виртуальных машин позволяет распределять сетевые потоки по вычислительным мощностям эластично – масштабировать виртуализированную вычислительную среду, изменяя количество виртуальных машин в зависимости от изменений уровня сетевой нагрузки.

Виртуальные машины в составе пула идентичны, что позволяет в случае отказа одной из них перераспределять сетевые потоки на другие прозрачно для узлов СТС за счет миграции виртуальных машин.

С учетом эластичности среды для реализации метода адаптивного управления программными сервисами безопасности на платформе эластичных вычислений необходимо решить несколько практических задач.

1) Классификация сетевых потоков для распределения по пулу виртуальных машин, соответствующих сервисам безопасности.

2) Перераспределение поступающей нагрузки между виртуальными машинами.

Для решения данных задач разработана модель распределения. Поступающая нагрузка в виде трафика представляется в виде множества $F=\{f_i\}$, $0 \le i \le n$, состоящего из потоков трафика $f_1, f_2, \ldots, f_n$, n – общее число потоков. Каждый поток f_i представлен параметрами SI – адрес источника, DI – адрес получателя, SP – порт источника, DP – порт получателя. Данный набор является необходимым и достаточным для описания взаимодействий между узлами в СТС, но он может быть при необходимости расширен за счет добавления других идентифицирующих признаков узлов СТС.

При оценке масштаба системы предположим, что обработка потоков осуществляется пулом виртуальных машин $C = \{c_j\}$, состоящим из множества программных сервисов $c_1, c_2, \ldots, c_m$ – виртуальных машин, где m – общее число виртуальных машин на ПКС-контроллере (рис. 1).

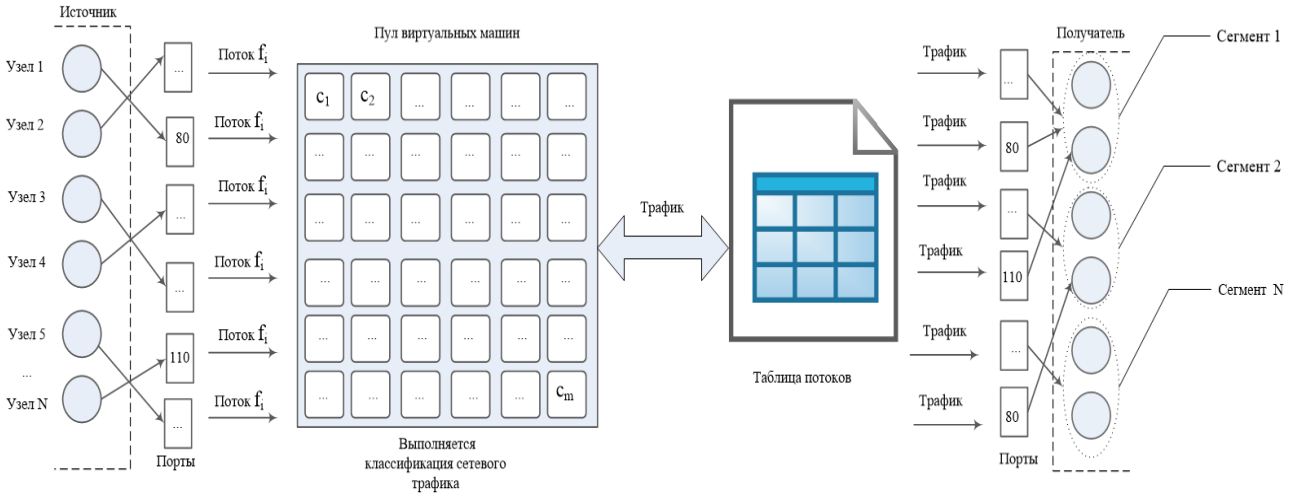


Рис. 1. Схема адаптивного управления программными сервисами безопасности

Основной задачей классификации сетевых потоков является соотнесение потока f_i, виртуальной машине c_j, то есть построение функции классификации $T:FxC \rightarrow C$, позволяющей достичь максимальной производительности при обработке передаваемых данных для данного числа виртуальных машин. Оптимальная функция T – равномерное распределение нагрузки между виртуальными машинами, то есть каждая виртуальная машина c_j, $1 \le j \le n$ должна обрабатывать не более n/m потоков трафика. Для выполнения данного критерия предложено поддерживать таблицу потоков FT размерностью $2 \times r$, где $r \le n$, r – число потоков, обрабатываемых в данный момент времени. Элементами таблицы FT являются пары $f_i:c_j$, каждая из которых сопоставляет поток f_i виртуальной машине c_j.

Равномерное распределение нагрузки по виртуальным машинам повышает производительность ПКС-контроллера за счет параллельного использования вычислительных ресурсов и выделения сетевых потоков [4]. Использование пула виртуальных машин позволяет достичь прироста в производительности системы управления. Эластичность пула виртуальных машин обеспечивается тем, что выделяется узел менеджера нагрузки, который периодически опрашивает виртуальные машины об их загруженности, формирует статистику и в соответствии с заданным алгоритмом принимает решение о включении новой виртуальной машины, остановки одной из работающих или оставляет пул неизменным.

Для оценки эффективности предложенного алгоритма управления была создана суперкомпьютерная система иерархического управления безопасностью СТС, представленная на рис. 2.

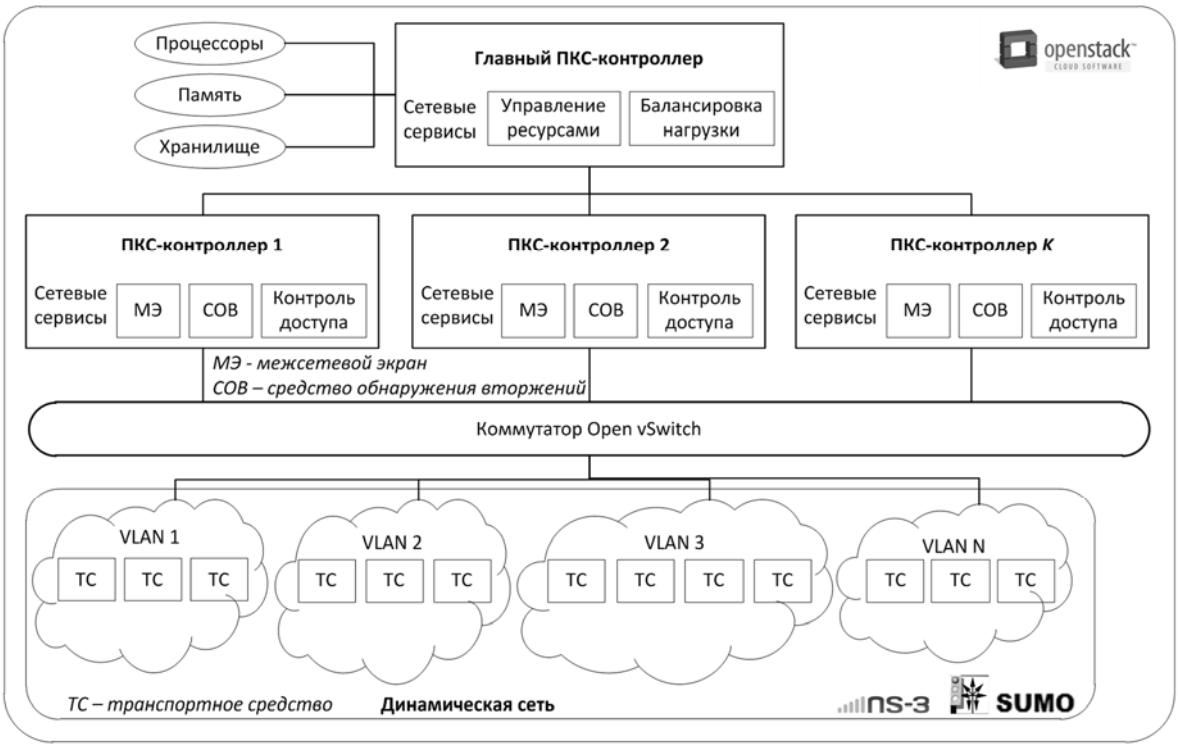


Рис. 2. Суперкомпьютерная система иерархического управления безопасностью в сетях транспортных средств

Выводы. Концепция эластичных вычислений позволяет построить эластичный мультисервисный ПКС-контроллер СТС, в среде которого реализуется адаптивное управление программными сервисами для удовлетворения меняющихся запросов в СТС без необходимости постоянно планировать загрузку и предпринимать меры для обработки запросов. Платформа для данного решения образуется облачной средой, включающей пул виртуальных машин, который автоматически адаптируется под текущие размерность, топологию, нагрузку и требования в сети.

Сервисы ПКС-контроллера выделяются в изолированные виртуальные машины с поддержкой динамического распределения нагрузки между ними, обеспечивая при этом эластичность обработки сетевых потоков взаимодействующих узлов СТС за счет масштабирования пула виртуальных машин и распараллеливания загрузки ПКС-контроллера.

Результаты работы получены с использованием вычислительных ресурсов суперкомпьютерного центра Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого – СКЦ «Политехнический» (http://www.spbstu.ru).

При финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (Соглашение от 03.10.2016 №14.578.21.0224, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57816X0224).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зегжда Д.П., Ивашко А.М. Основы информационной безопасности информационных систем // Горячая линия – Телеком, 2000.

2. H. Nikolas, S. Kounev, R. Reussner. Elasticity in Cloud Computing: What It Is, and What It Is Not // Proceedings of the 10th International Conference on Autonomic Computing (ICAC 2013), San Jose, CA, June 24–28.

3. Смелянский Р.Л. Программно-конфигурируемые сети // Открытые системы. СУБД. – 2012. – № 9. – С. 18.

4. Крундышев В.М, Калинин М.О., Зегжда Д.П. Моделирование и исследование свойств безопасности перемещающихся программно-конфигурируемых сетей VANET/MANET с использованием виртуальной среды суперкомпьютера // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2017). Санкт-Петербург, 1–3 ноября 2017 г. – С. 280–282.

УДК 004.912

Д.В. Дивенкова, Л.Е. Мигунова, Н.В. Филимоненкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТРИК ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ СЛОВОФОРМ

Область исследования. Работа посвящена проблеме автоматического (машинного) распознавания словоформ. Словоформа – это слово в определенной грамматической форме, которое образовано путем спряжения или склонения главной словарной формы слова. К примеру, существительное в русском языке может иметь до двенадцати словоформ (шесть падежей в единственном и множественном числе): «порог», «порога», «порогу», «пороги», «порогами» и т.д.

Актуальность исследования. Выделение пары слов, которые являются словоформами одного и того же слова, актуально для следующих IT-задач: исправление ошибок и опечаток в текстовых данных, автозамена при наборе текста, автоматический перевод, перепись населения, индексация текста и др.

Цель и методы исследования. Словоформы одного и того же слова, как правило, фонетически схожи (отличаются только окончанием, суффиксом или приставкой). Поэтому для распознавания словоформ можно использовать строковые метрики. Цель данного проекта – оценить эффективность метрик Хэмминга, Левенштейна, триграмм и Джаро–Винклера в задаче распознавания словоформ. Методы исследования – численный эксперимент и статистический анализ.

Классические определения этих метрик описаны во втором столбце табл. 1. При этом функции Хэмминга и Левенштейна являются метриками в строго математическом смысле, т.е. удовлетворяют аксиомам метрики, тогда как функции триграмм и Джаро–Винклера можно назвать метриками только условно. Недостатком метрики Хэмминга является то, что она задается на множестве слов одинаковой длины, что сильно ограничивает область ее применения. Поэтому при вычислении расстояния Хэмминга мы добавляли пробелы в конце более короткого слова, чтобы оба слова стали одинаковой длины.

Мы провели нормировку данных метрик по методу, предложенному в работе [1] для метрики Левенштейна. В результате построены функции H', L', ${G_3}'$, J' (табл. 1, третий столбец), которые удовлетворяют аксиомам метрики и принимают значения от 0 до 1: 0 – слова совпали, 1 – слова не имеют ничего общего с точки зрения данной метрики.

Результат. На языке C# в среде разработки MS Visual Studio составлена программа для проведения численного эксперимента и анализа его результатов. Опишем сначала алгоритм программы в целом.

Входными данными программы является каталог слов X: 8 базовых слов (в главной словарной форме), к каждому из них подобрано 5 словоформ – всего 48 слов в каталоге. Программа рассматривает все пары слов (x,y) из X, т.е. всего 2016 пар. Среди них 240 пар состоят из слов x и y, которые являются словоформами одного из базовых слов. Например,

«порога» и «порогами» – это две словоформы слова «порог». Назовем это множество пар «классом словоформ» и обозначим X_0, тогда все остальные пары принадлежат «классу несловоформ» – X_1.

Для каждой пары слов (x,y) из X программа вычисляет значения метрик H', L', ${G_3}'$, J'. Если значение меньше заданного порога t, то программа относит пару (x,y) к классу X_0, в противном случае – к классу X_1. Порог t можно задать в диапазоне от 0 до 1. Ясно, что чем ниже порог t, тем меньше слов программа «назовет» словоформами.

Поскольку мы знаем, какие пары слов на самом деле относятся к X_0, то все 2016 результатов делятся на четыре группы – в зависимости от сочетания реального класса и класса, предписанного метрикой (табл. 2).

Таблица 1. Определения метрик

Название метрики	Классическое описание метрики (x, y – строки)	Нормированная версия метрики ($\|x\|$, $\|y\|$ – длины строк)
метрика Хэмминга	$H(x,y)$ – число позиций, в которых соответствующие символы строк x и y различны. Пример: H (дворник_, дворянин)=4	$H'(x,y) = \frac{H(x,y)}{\max\{\|x\|, \|y\|\}}$ Пример: H'(дворник_, дворянин)=0,5
метрика Левенштейна	$L(x,y)$ – минимальное число операций «вставка», «замена», «удаление» символа, необходимых для преобразования строки x в y. Пример: L (дворник, дворянин)=2	$L'(x,y) = \frac{L(x,y)}{\max\{\|x\|, \|y\|\}}$ Пример: L'(дворник, дворянин)=0,25
метрика триграмм	$G_3(x,y)$ – число общих триграмм (трех, идущих подряд, символов) в строках x и y. Пример: G_3 (дворник, дворянин)=2	${G_3}'(x,y) = 1 - \frac{2G_3(x,y)}{G_3(x,x) + G_3(y,y)}$ Пример: ${G_3}'$ (дворник, дворянин)=0,64
метрика Джаро–Винклера	$J(x,y)$ – мера схожести слов, путем нахождения одинаковых символов в двух словах, которые находятся на расстоянии, составляющим не более половины длины самого длинного слова, с учетом перестановок совпадающих символов. J(дворник, дворянин)=1,13	$J'(x,y) = 1 - J(x,y)$ Пример: J'(дворник, дворянин)=0,13

Таблица 2. Матрица ошибок классификации

Реальный класс	Класс, предписанный метрикой	
	Negative	Positive
Negative	TN (True Negative) – количество пар слов, которые метрика отнесла к X_1, и они действительно из X_1.	FP (False Positive) – количество пар слов, которые метрика отнесла к X_0, но на самом деле они из X_1.
Positive	FN (False Negative) – количество пар слов, которые метрика отнесла к X_1, но на самом деле они из X_0.	TP (True Positive) – количество пар слов, которые метрика отнесла к X_0, и они действительно из X_0.

Для анализа эффективности метрик в программе используются стандартные показатели качества бинарного классификатора [2–4]. В первую очередь, это *Precision* (точность) и *Recall* (полнота) – числовые значения, которые вычисляются для данного каталога X, данной метрики и данного порога t.

Precision (точность) – вероятность того, что слова действительно словоформы при условии, что метрика определила их как словоформы. Иными словами, это способность метрики отличать данный класс от других классов:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}.$$

Recall (полнота) – вероятность того, что метрика определит слова как словоформы при условии, что они действительно словоформы, т.е. способность метрики обнаруживать данный класс:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}.$$

И *Precision*, и *Recall* принимают значения от 0 до 1: чем ближе к 1, тем лучше метрика справляется со своей задачей.

Существует несколько способов синтезировать данные *Precision* и *Recall*. В частности, построить график PR-кривой, отражающий зависимость *Precision* от *Recall* через параметр *t:*

$$PR - \text{кривая: } \begin{cases} x = Recall(t) \\ y = Precision(t) \end{cases}, \text{где } t - \text{порог}.$$

Площадь под графиком PR-кривой показывает эффективность метрики в целом, т.е. при любых пороговых значениях *t* [5]. Та метрика считается качественней, чья площадь под графиком больше. У идеальной метрики площадь под графиком PR-кривой равная 1. Именно этот инструмент анализа позволил нам получить наиболее выразительные результаты.

Описанную программу мы протестировали на четырех каталогах *X*:

- каталог существительных,
- каталог прилагательных,
- каталог глаголов,
- каталог фонетически похожих существительных.

Ограничение каждого каталога одной частью речи было предпринято для того, чтобы выявить связь между эффективностью метрики и грамматическими правилами образования словоформ, которые для каждой части речи свои. Каталог из фонетически похожих существительных (например, «лабиринт» – «лаборант») и их словоформ был протестирован, чтобы усложнить метрикам задачу. Во всех случаях мы рассматривали словоформы без приставки, чтобы метрика Хэмминга оставалась конкурентноспособной.

На рис. 1–4 приведены графики PR-кривых для метрик H', L', ${G_3}'$, J' (соответствующие кривые отличаются цветом) и каждого из четырех каталогов.

Значения площадей под графиком PR-кривой для метрик в каждом каталоге словоформ представлены в табл. 3.

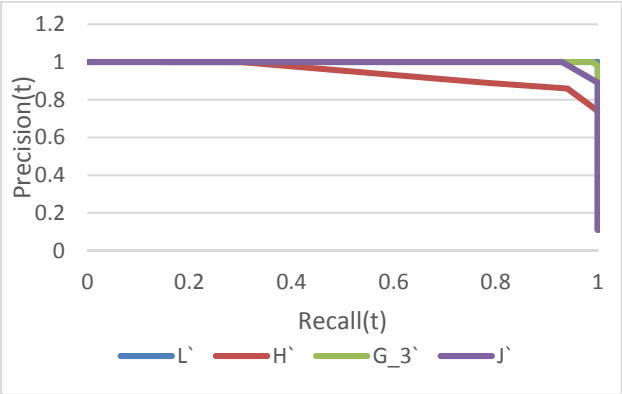


Рис. 1. Графики PR-кривых для существительных

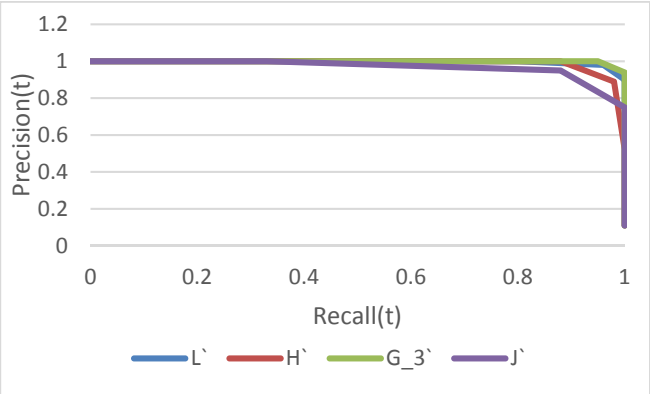


Рис. 2. Графики PR-кривых для прилагательных

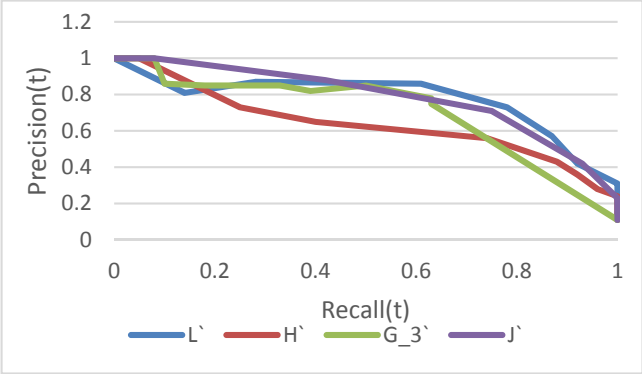


Рис. 3. Графики PR-кривых для глаголов

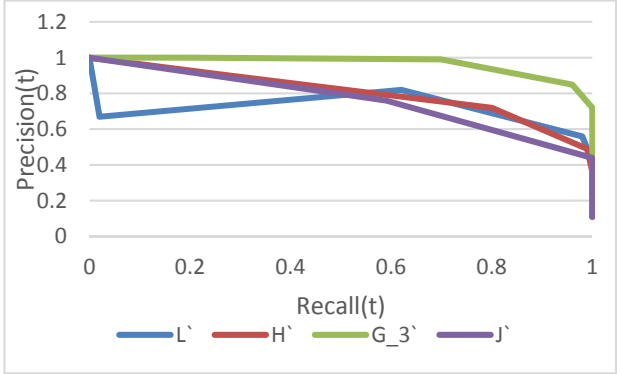


Рис. 4. Графики PR-кривых для похожих существительных

Таблица 3. Значения площади под графиками PR-кривых

	Существит.	Прилагательные	Глаголы	Похожие сущ.
метрика Хэмминга H'	0,6837	0,988	0,64	0,806
метрика Левенштейна L'	1	0,996	0,78	0,722
метрика триграмм ${G_3}'$	0,999	0,998	0,7015	0,968
метрика Джаро–Винклера J'	0,996	0,968	0,79	0,765

Сначала сопоставим результаты для каталогов существительных, прилагательных и глаголов, в которых базовые слова брались без фонетического сходства. Все метрики однозначно лучше справляются с обнаружением словоформ среди существительных и прилагательных, нежели среди глаголов. Причиной является особенность русского языка: словоформы глаголов могут очень сильно отличаться, например, «спать» – «сплю».

При этом для каталога существительных лучший результат показала метрика Левенштейна (причем оказалась идеальной), для каталога прилагательных – метрика триграмм, для каталога глаголов – метрика Джаро–Винклера.

Теперь сравним результаты для каталога фонетически похожих существительных и каталога существительных без фонетического сходства: в первом случае PR-кривые всех метрик проходят ниже и площади под графиком меньше, чем во втором. Это обусловлено тем, что в первом случае метрикам, естественно, сложнее отличить словоформы от несловоформ. Метрика триграмм лучше всего справилась с этой усложненной задачей.

Чтобы выяснить среди метрик абсолютного лидера, мы рассчитали для каждой метрики среднее арифметическое площадей под графиками PR-кривых по всем каталогам (табл. 4).

Таблица 4. Среднее арифметическое площадей под графиками PR-кривых

	метрика Хэмминга	метрика Левенштейна	метрика триграмм	метрика Джаро–Винклера
S	0,779	0,874	0,917	0,880

Выводы. Численный эксперимент показал, что метрика триграмм является наиболее эффективной в задаче распознавания словоформ, метрика Хэмминга – наименее эффективной.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лиманова Н.И., Седов М.Н. Алгоритм идентификации реквизитов физических лиц в базах данных на основе метрики Левенштейна // Научно-технический выпуск информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 6(32). С. 136–140.

2. Davis J., Goadrich M. The Relationship Between Precision-Recall and ROC Curves // University of Wisconsin-Madison.

3. Maria del Pilar Angeles, Adrian Espino-Gamez. Comparison of methods Hamming Distance, Jaro and Monge-Elkan // Universidad Nacional Autonoma de Mexico Mexico, D.F // IARIA. 2015.

4. Почему DataScientist-ы не используют ошибки первого и второго рода. – URL: https://habrahabr.ru/post/340048/ (дата обращения: 01.12.2018).

5. Соколов Е. Семинары по выбору моделей. 15.04.2015. – С. 5–8.

УДК 004.657

В.С. Фридман
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РЕЛЯЦИОННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

В области распределенных баз данных существует проблема оптимизации аллокации фрагментов данных по узлам хранения информации. Она заключается в том, чтобы в соответствии с определенными критериями минимизировать (оптимизировать) затраты при обращении различных узлов к этим фрагментам данных путем передачи их на более "удобные" узлы БД. Эту проблему решают различные алгоритмы распределения и перераспределения данных по узлам СБД. Каждый такой алгоритм имеет собственные границы применимости, эффективность, критерии оптимизации и проч. Эти характеристики можно попробовать классифицировать следующим образом:

1. По критериям оптимизации:
    a. Скорость передачи данных
    b. Величина задержек
    c. Количество локальных обращений
    d. Стоимость обновления данных
    e. Комбинации этих критериев
2. По возможным аппаратным ограничениям:
    a. Емкость узлов
    b. Пропускная способность узлов (ограничение по времени, timeconstraint)
    c. Емкость канала
3. По избыточности/реплицируемости:
    a. Избыточные
    b. Неизбыточные
4. По типу распределения:
    a. Динамическое
    b. Статическое
5. По типу фрагментации:
    a. Вертикальная
    b. Горизонтальная
    c. Гибридная

а также их комбинации.

В данной работе рассмотрим проблему минимизации среднего времени выполнения общего запроса к фрагментам данных. Для этого зафиксируем характеристики типа распределения как динамический, типа избыточности как неизбыточный.

Будем рассматривать систему со следующими входными данными:

- начальное распределение фрагментов данных по узлам РСУБД, про которое известно, что оно неэффективно для текущего отрезка времени

- стационарная нагрузка/поток данных между узлами системы, не изменяющийся для текущего отрезка времени

- статистические данные по этим нагрузкам/потоку, собранные за данный отрезок времени.

Схематичный пример подобной системы приведен на рис. 1. Здесь узлы p_i – входные узлы, n_i – узлы хранения данных, e_i – величина задержки на конкретном канале.

Предположим, что скорости передачи данных на каждом ребре, соответствующем каналу связи между двумя узлами, стационарны и пропорциональны объему передаваемых данных (то есть “стоимость” передачи данных по ребру в обе стороны одинакова, и рассматриваемый граф ненаправленный).

Интересно то, что данную задачу можно классифицировать как одну из “задач размещения регулярных пунктов обслуживания” или “задач коммивояжёра”. Подобные классы задач хорошо изучены и для их решения существуют оптимальные алгоритмы.

Рассмотрим перераспределение данных на примере фрагмента, про который известно, что он располагается в “неоптимальном” месте.

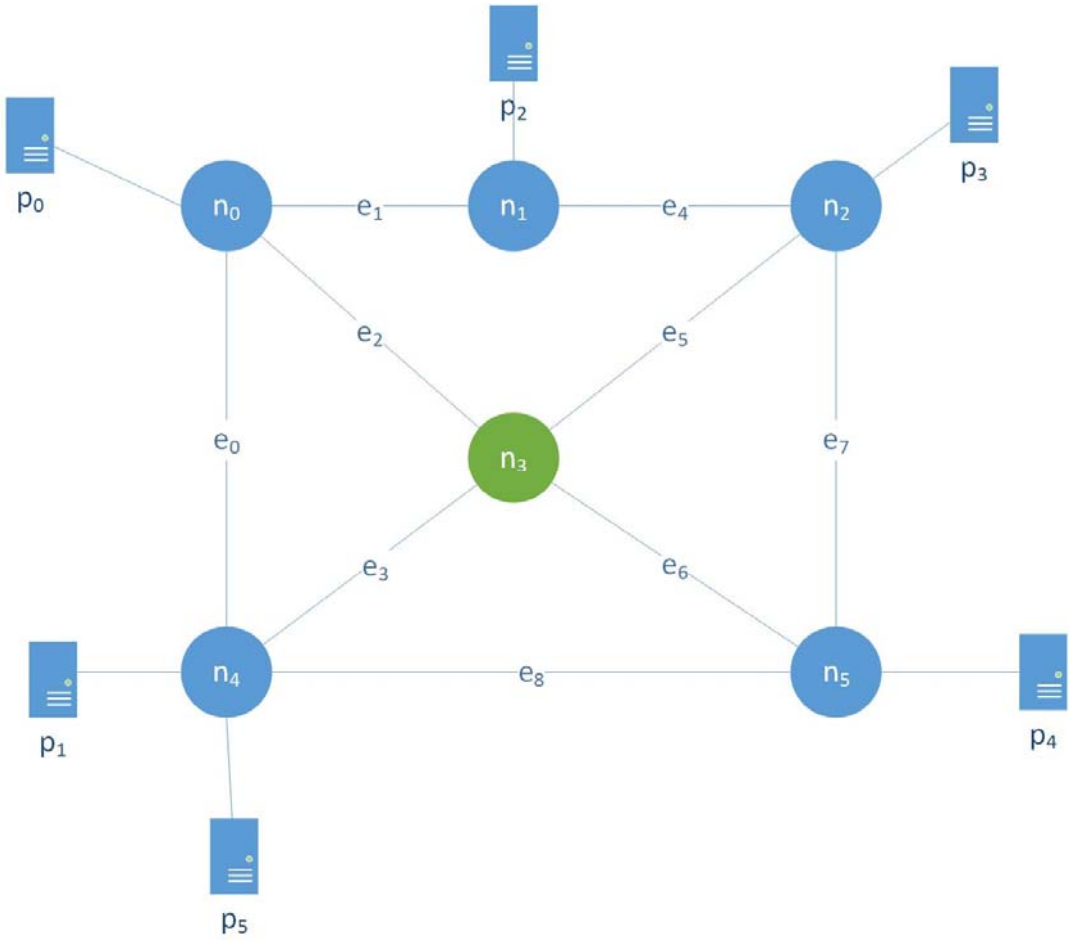


Рис. 1. Схема узлов данных

Зная интенсивность запросов к какому-либо фрагменту данных с входных узлов, а также стоимости доступа к каждому из них, можно вычислить общую стоимость доступа к фрагменту на каждом узле; тот узел, на котором общая стоимость будет минимальной, является искомым.

Формально, критерий минимизации стоимости в данном контексте выглядит следующим образом:

$$\sum(\varphi_i * way_{p_i}) \rightarrow min,$$

где way_{p_i} – сумма всех стоимостей рёбер e_i оптимального пути (т.е. пути с наименьшими задержками) между входным узлом p_i и искомым узлом; φ_i – частота обращений входного узла p_i к искомому фрагменту данных.

Фактически, это – минисуммная задача размещения, состоящая в следующем: для данной сети необходимо разместить фрагмент таким образом, чтобы сумма кратчайших расстояний от этого фрагмента до вершин графа была минимально возможной.

Решение этой задачи состоит в:

- составлении матрицы смежности путем сбора статистики (то есть стоимостей всех ребер);
- применении алгоритма Дейкстры поиска минимального пути, строя наикратчайшие пути из каждой вершины к каждой входной вершине на основании матрицы смежности;
- применении алгоритма Дейкстры поиска минимального пути, строя наикратчайшие пути из каждой входной вершины к каждой вершине на основании матрицы смежности.

Если граф направленный, строим для 1) и для 2) список узлов-кандидатов отдельно. Потом, сравнивая списки, выбираем тот узел, для которого сумма входных стоимостей + сумма выходных наименьшая

Если ненаправленный, то просто находим сразу самый вкусный узел.

Стоит заметить, что система, в которой происходит решение поставленной задачи, распределенная, поэтому централизованная пересылка статистических данных на какой-либо определенный узел приведет к потере распределенности. С другой стороны, сбор информации можно делать накопительно.

Так как каждый узел сети, по сути, является компьютером, то можно на каждом узле запустить отдельный сборщик статистической информации и, отдельно, обработчик этой информации. Каждый обработчик “включается” только в том случае, когда алгоритм вычисления “точки встречи” на определенном шаге считает, что текущий узел лежит на субоптимальном пути; в функции обработчика входят вычисления, необходимые для выполнения алгоритма поиска, и передача полученных значений, а также статистической информации, собранной текущим и переданной предыдущими обработчиками узлов.

Примечание: для систем с реплицированием задача размещения копий фрагментов сводится к задаче поиска P-медианы графа, которая решается с помощью методов целочисленного программирования, алгоритмов направленного древовидного поиска, а также эвристического алгоритма Тэйца и Барта.

Работа подготовлена в ходе реализации комплексного проекта в рамках Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Договор № 03.G25.31.0259 от 28.04.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Raju Kumar, Neena Gupta. "An Extended Approach to Non-Replicated Dynamic Fragment Allocation in Distributed Database Systems." IEEE Interational Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT), pp. 861–865, 2014.

2. S. Ceri and G. Pelagatti. "Distributed Databases: Principles Systems". McGraw-Hili Interational Editions, 1985.

3. M. Ozsu and P. Valduriez. "Principles of Distributed Database Systems". Prentice Hall, second ed. 1999.

4. Raju Kumar, Neena Gupta. "Dynamic Data Allocation in Distributed Database Systems: A Systematic Survey". Interational Review on Computers and Softwares (IRECOS), Vol. 8, No. 2, pp. 660–667, February 2013.

5. Бродецкий Г.Л. Экономико-математические методы и модели в логистике. Потоки событий и системы обслуживания. – М.: Академия, 2011. – 272 с.

6. Лубенцова В.С. Математические модели и методы в логистике: учебное пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 157 с.

7. Просветов Г.И. Математические методы в логистике. Задачи и решения. – М.: Альфа-пресс, 2008. – 304 с.

8. Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В. Математические модели и методы в логистике: учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 320 с.

УДК 534.014.1

С.М. Стояновский, А.С. Смирнов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ДИНАМИКА МАЯТНИКОВЫХ СИСТЕМ С НЕСКОЛЬКИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Введение. Уже более четырех веков, начиная с юношеских эмпирических изысканий и фундаментальных работ Г. Галилея, математический маятник и его многочисленные модификации являются ключевыми моделями аналитической механики, представляя не только теоретический интерес, но и важное практическое значение. В последнее время маятниковые системы стали активно использоваться и в качестве плацдарма для развития идей эволюционной динамики [1]. Это новое направление современной механики, заложенное профессором кафедры «Механика и процессы управления» Санкт-Петербургского политехнического университета Б.А. Смольниковым в начале XXI века, занимается качественным анализом поведения различных механических систем с внешней и внутренней диссипацией на длительных интервалах времени [2].

К настоящему времени установлено несколько эффектов, относящихся к эволюционной динамике. Так, при использовании эволюционной модели внутренней диссипации было получено уравнение движения математического маятника с внутренним трением в стержне [1]. В нем диссипативное слагаемое имеет третий порядок малости, а потому затухание колебаний происходит значительно медленнее, чем в случае сухого, вязкого или квадратичного трения. Важным достоинством этой модели является то, что в ней не учитывается внутренняя диссипативная степень свободы, которую обычно вводят при исследовании подобных систем [3]. Дополнительную степень свободы здесь можно не вводить, поскольку микродвижения груза маятника по этой степени свободы фактически не вносят никакого вклада в баланс инерционно-гравитационных сил [4]. Вместе с тем, они непрерывно рассеивают энергию макроскопических колебаний маятника, что и отражается в эволюционной модели, которая к тому же оказывается достаточно простой в математическом плане. Впоследствии также было показано, что эволюционная модель адекватно соотносится с классической, где используются дополнительные степени свободы [2].

Кроме этого, были построены математические модели внутреннего трения и для более сложных маятниковых систем с одной и несколькими степенями свободы, таких, как балочный и секториальный маятники [1], сферический и гироскопический маятники [5]. Отметим, что при исследовании сферического маятника – системы с двумя степенями свободы – было обнаружено явление перехода его движения с течением времени в консервативный режим конического вращения вследствие работы сил внутренней диссипации в стержне [4]. Наконец, были также получены уравнения движения твердого тела в задаче Эйлера при наличии внутренней диссипации [4].

Несмотря на этот достаточно широкий обзор, к настоящему времени разнообразие моделей, изученных с точки зрения эволюционной динамики, не столь велико, и значительная их часть относится именно к внутреннему трению. Однако подобные эволюционные эффекты могут порождаться и силами внешнего трения. Следует отметить, что поведение механических систем под действием сил внешнего трения (сухого, вязкого или квадратичного) хорошо исследовано на сегодняшний день лишь для систем с одной степенью свободы. При этом качественный анализ диссипативных систем с несколькими степенями свободы представляет собой отдельную и достаточно серьезную задачу, в которой даже для наиболее простого с математической точки зрения вязкого трения можно получить весьма нетривиальные результаты [6]. Поэтому исследование новых объектов в рамках эволюционной динамики является весьма актуальной задачей.

Постановка задачи. В качестве конкретного объекта исследования примем в настоящей работе маятниковую систему, представленную на рис. 1. Она содержит цилиндр радиуса R, массы M и с моментом инерции $J = MR^2/2$, который может поворачиваться вокруг своей оси, создавая при этом момент вязкого трения с коэффициентом b. На цилиндр в противоположных направлениях намотаны невесомые нерастяжимые нити, на конце которых закреплены точечные грузы одинаковой массы m. В исходном положении длины нитей от точки схода с цилиндра до грузов одинаковы и равны l. Будем называть такую систему **бинарным маятником**. Выясним, способна ли такая система при некоторых начальных условиях выходить на консервативный режим колебаний, и является ли этот режим устойчивым по отношению к вариациям начальных условий.

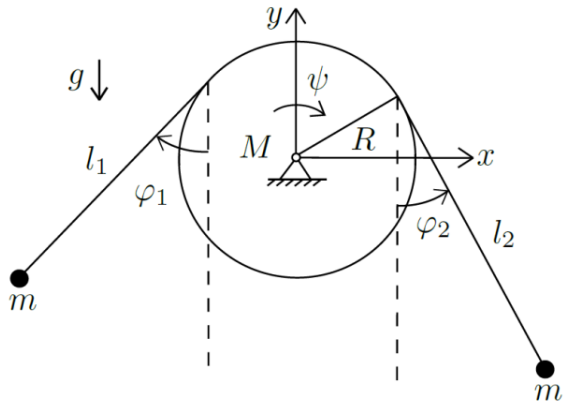


Рис. 1. Бинарный маятник

Построение и анализ математической модели. Ясно, что рассматриваемая система обладает тремя степенями свободы. Принимая в качестве обобщенных координат углы отклонения нитей φ_1, φ_2 и угол поворота цилиндра ψ, запишем координаты обоих грузов в декартовой системе xy, показанной на рис. 1:

$$x_1 = -R\cos\varphi_1 - [l + R(\varphi_1 - \psi)]\sin\varphi_1\,, \quad y_1 = R\sin\varphi_1 - [l + R(\varphi_1 - \psi)]\cos\varphi_1,$$
$$x_2 = R\cos\varphi_2 + [l + R(\varphi_2 + \psi)]\sin\varphi_2\,, \quad y_2 = R\sin\varphi_2 - [l + R(\varphi_2 + \psi)]\cos\varphi_2. \qquad (1)$$

Кинетическая энергия T складывается из вращательной энергии цилиндра и поступательной энергии каждого груза, тогда как потенциальная энергия Π складывается из энергии силы тяжести каждого груза. Поэтому они имеют вид [7]

$$T = \frac{1}{2}J\dot{\psi}^2 + \frac{1}{2}m(\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2) + \frac{1}{2}m(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2), \quad \Pi = mg(y_1 + y_2). \qquad (2)$$

Подставляя сюда выражения (1), после ряда преобразований получаем

$$T = \frac{1}{4}(M + 4m)R^2\dot{\psi}^2 + \frac{1}{2}m\left[\left(l + R(\varphi_1 - \psi)\right)^2\dot{\varphi}_1^2 + \left(l + R(\varphi_2 + \psi)\right)^2\dot{\varphi}_2^2\right], \qquad (3)$$

$$П = mg\big[R(\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2) - \big(l + R(\varphi_1 - \psi)\big)\cos\varphi_1 - \big(l + R(\varphi_2 + \psi)\big)\cos\varphi_2\big].$$

Что же касается диссипативной функции S вязкого трения на оси цилиндра, то она определяется выражением [8]

$$S = \frac{1}{2}b\dot{\psi}^2\,. \tag{4}$$

Подставляя теперь выражения (3) и (4) в уравнения Лагранжа второго рода

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial\dot{\varphi}_1} - \frac{\partial T}{\partial\varphi_1} = -\frac{\partial П}{\partial\varphi_1} - \frac{\partial S}{\partial\dot{\varphi}_1}, \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial\dot{\varphi}_2} - \frac{\partial T}{\partial\varphi_2} = -\frac{\partial П}{\partial\varphi_2} - \frac{\partial S}{\partial\dot{\varphi}_2}, \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial\dot{\psi}} - \frac{\partial T}{\partial\psi} = -\frac{\partial П}{\partial\psi} - \frac{\partial S}{\partial\dot{\psi}}, \tag{5}$$

приходим к уравнениям движения бинарного маятника:

$$\begin{cases} (\delta + \varphi_1 - \psi)\ddot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_1\big(\dot{\varphi}_1 - 2\dot{\psi}\big) + k^2\sin\varphi_1 = 0 \\ (\delta + \varphi_2 + \psi)\ddot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2\big(\dot{\varphi}_2 + 2\dot{\psi}\big) + k^2\sin\varphi_2 = 0 \\ \mu\ddot{\psi} + \beta k\dot{\psi} + (\delta + \varphi_1 - \psi)\dot{\varphi}_1^2 - (\delta + \varphi_2 + \psi)\dot{\varphi}_2^2 + k^2(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2) = 0 \end{cases}, \tag{6}$$

где введены следующие обозначения:

$$k^2 = \frac{g}{R}, \qquad \delta = \frac{l}{R}, \qquad \mu = \frac{M}{2m} + 2, \qquad \beta = \frac{b}{mR^2k}. \tag{7}$$

Здесь k – частота малых колебаний математического маятника длины R, а δ, μ и β – безразмерные параметры, характеризующие геометрические, инерционные и диссипативные параметры бинарного маятника соответственно. Пользуясь полученными выражениями для энергий (3) и диссипативной функции (4), а также уравнениями движения (6), можно прийти к известному энергетическому соотношению

$$\dot{E} = -2S, \qquad E = T + П, \tag{8}$$

из которого следует, что диссипативная функция S характеризует мощность рассеивания полной механической энергии E. Уравнения движения (6) для удобства последующего численного интегрирования следует переписать в безразмерном виде, введя безразмерное время $\tau = kt$:

$$\begin{cases} (\delta + \varphi_1 - \psi)\varphi_1'' + \varphi_1'(\varphi_1' - 2\psi') + \sin\varphi_1 = 0 \\ (\delta + \varphi_2 + \psi)\varphi_2'' + \varphi_2'(\varphi_2' + 2\psi') + \sin\varphi_2 = 0 \\ \mu\psi'' + \beta\psi' + (\delta + \varphi_1 - \psi){\varphi_1'}^2 - (\delta + \varphi_2 + \psi){\varphi_2'}^2 + \cos\varphi_1 - \cos\varphi_2 = 0 \end{cases}, \tag{9}$$

где штрихом обозначена производная по безразмерному времени τ. Видно, что система (9) является существенно-нелинейной, поэтому ее исследование в общем случае представляет собой довольно сложную компьютерную задачу. Однако система уравнений (9) допускает простое частное решение

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi, \qquad \psi = 0, \tag{10}$$

отвечающее симметричному режиму движения бинарного маятника, когда сам барабан не вращается, а, следовательно, диссипация не работает. В этом случае третье уравнение (9) выполняется тождественно, а из первого или второго уравнения находим уравнение для φ

$$(\delta + \varphi)\varphi'' + {\varphi'}^2 + \sin\varphi = 0. \tag{11}$$

Чтобы войти в такой консервативный режим движения, следует задать симметричные начальные условия. Полагая, что в начальный момент времени оба маятника отклонены на одинаковый угол φ_0 и отпущены без начальной скорости, можно записать интеграл энергии для уравнения (11) согласно (3)

$$T + П = m(l + R\varphi)^2\dot{\varphi}^2 + 2mg[R\sin\varphi - (l + R\varphi)\cos\varphi] = E = \text{const}, \tag{12}$$

где $E = 2mg[R\sin\varphi_0 - (l + R\varphi_0)\cos\varphi_0] = E_0$ – полная механическая энергия системы. Если перейти в (12) к безразмерным параметрам δ, μ и β и безразмерному времени $\tau = kt$, то можно получить интеграл энергии в безразмерной форме

$$(\delta + \varphi)^2\varphi'^2 + 2[\sin\varphi - (\delta + \varphi)\cos\varphi] = \gamma = \frac{E}{mgR} = \text{const}, \qquad (13)$$

где $\gamma = 2[\sin\varphi_0 - (\delta + \varphi_0)\cos\varphi_0]$ – безразмерный уровень энергии. Нетрудно показать, что если продифференцировать (13) по τ, то придем к уравнению (11). Если теперь разрешить (13) относительно безразмерной угловой скорости φ', то получим

$$\varphi' = \pm\sqrt{\frac{2[\sin\varphi_0 - \sin\varphi - (\delta + \varphi_0)\cos\varphi_0 + (\delta + \varphi)\cos\varphi]}{(\delta + \varphi)^2}}. \qquad (14)$$

На рис. 2 и 3 представлены фазовые портреты для двух значений параметра δ, а фазовые траектории на каждом из них строятся для различных значений φ_0 (т.е. для различных уровней энергии γ). Видно, что при увеличении δ асимметричность фазового портрета становится менее заметной, что объясняется малым отличием траектории рассматриваемого эвольвентного маятника от траектории математического маятника, поскольку в таком случае длина нити во много раз превосходит радиус цилиндра.

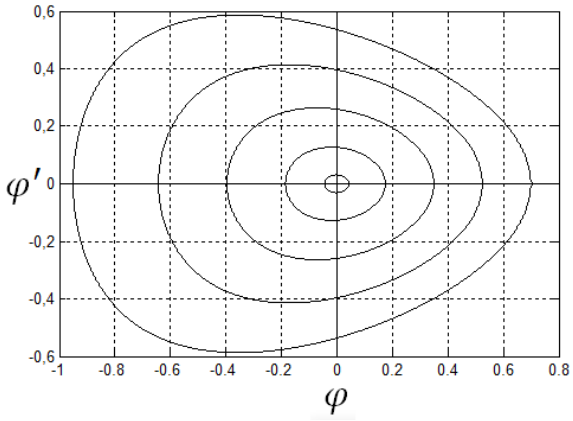


Рис. 2. Фазовый портрет ($\delta = 2$)

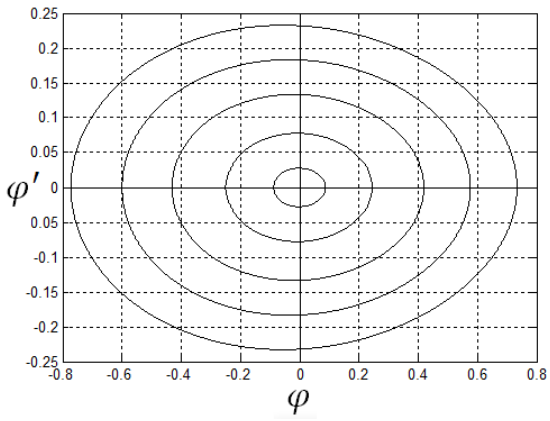


Рис. 3. Фазовый портрет ($\delta = 10$)

Представляет интерес выяснить, будет ли устойчивым найденный симметричный режим (10) колебаний бинарного маятника. Ясно, что это исследование следует проводить с помощью численного интегрирования системы (9). С этой целью внесем сначала малое различие в начальные значения углов φ_{10} и φ_{20}, а начальное значение ψ_0 оставим равным нулю. В результате численного интегрирования получим в этом случае картину, представленную на рис. 4, где углы φ_1, φ_2 и ψ для наглядности приведены в градусах. Видно, что происходит уход системы от режима (10), при этом угол ψ с течением времени начинает совершать колебания около некоторого постоянного уровня, медленно рассеивая механическую энергию. Следует отметить, что наблюдаемое поведение бинарного маятника хорошо согласуется с принципом Аппеля, гласящим, что любая механическая система стремится избежать воздействия на нее сил трения, т.е. минимизировать работу сил трения [9]. Если же считать, что начальные углы отклонения маятников одинаковы: $\varphi_{10} = \varphi_{20}$, а значение ψ_0 сделать малым, но ненулевым, то получим картину, изображенную на рис. 5. Видно, что она слабо отличается от рис. 4. В результате можно сделать вывод, что симметричный консервативный режим колебаний бинарного маятника является неустойчивым по отношению к возмущениям начальных условий.

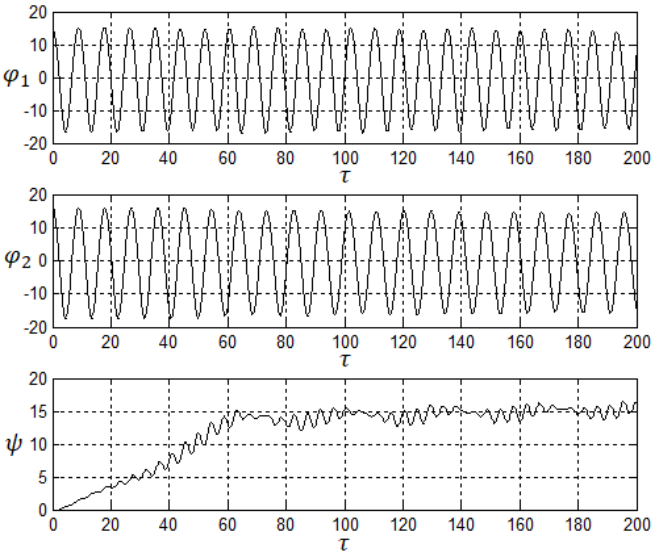


Рис. 4. Движение при $\varphi_{10} \neq \varphi_{20}, \psi_0 = 0$

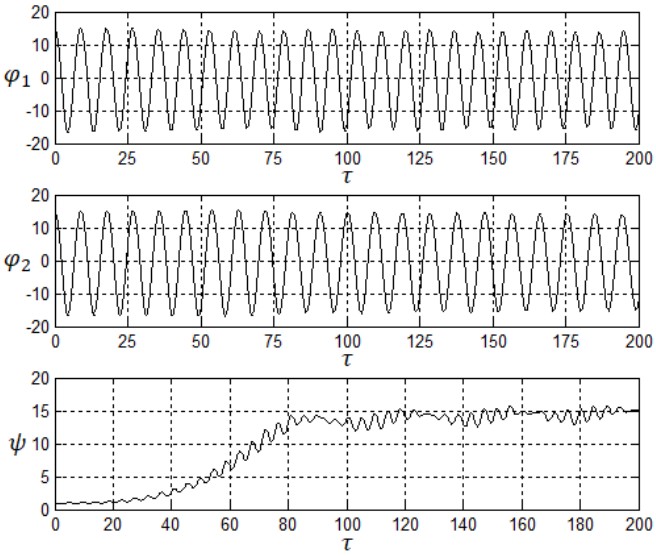


Рис. 5. Движение при $\varphi_{10} = \varphi_{20}, \psi_0 \neq 0$

Заключение. В результате исследования диссипативной системы с тремя степенями свободы – бинарного маятника – было установлено, что симметричный режим ее движения является неустойчивым, т.е. диссипативные силы не могут ликвидировать асимметрию начальных условий. Тем не менее, полученные с помощью численного интегрирования результаты демонстрируют нетривиальное динамическое поведение системы и согласуются с общей закономерностью избегания механическими системами действия на них сил трения.

Следует подчеркнуть, что в связи со сложностью системы и большим числом свободных параметров, описывающих ее конфигурацию, данная работа является лишь первым шагом в исследовании эволюционной динамики диссипативных систем со многими степенями свободы. В качестве перспективных направлений дальнейшего исследования этой системы можно отметить более детальный анализ ее поведения от параметров, а также изучение более сложного случая – асимметричного бинарного маятника, который имеет разные массы и разные длины свисающих частей нити в исходном положении. Здесь также возникают вопросы структурной устойчивости, т.е. устойчивости не по отношению к вариациям начальных условий, а по отношению к вариации параметров системы. Представляет также интерес исследование эволюционной динамики бинарного маятника при наличии диссипации не на оси цилиндра, а в нитях. Наконец, также заслуживает большого внимания анализ управляемой динамики подобных механических систем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Смольников Б.А. Эволюционная динамика маятниковых систем // Теория механизмов и машин. 2008. Т. 6. № 1. С. 41–46.

2. Смирнов А.С., Смольников Б.А. О соответствии эволюционной и классической моделей внутренней диссипации // Неделя науки СПбПУ, ИПММ. 2017. С. 142–144.

3. Черноусько Ф.Л. Движение твердого тела с полостями, содержащими вязкую жидкость. – М.: ВЦ АН СССР, 1968. – 230 с.

4. Смольников Б.А. Фрактальное твердое тело в задачах аналитической механики // Труды семинара «Компьютерные методы в механике сплошной среды». 2008. С. 17–32.

5. Смольников Б.А. Эволюционная теория колебаний маятников // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2008. № 63. С. 77–83.

6. Леонтьев В.А., Смирнов А.С., Смольников Б.А. Оптимальное демпфирование колебаний двухзвенного манипулятора // Робототехника и техническая кибернетика. 2018. № 2. С. 52–59.

7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. 4-е изд. Т. 1. – М.: Наука, 1988. – 214 с.

8. Лурье А.И. Аналитическая механика. – М.: ГИФМЛ, 1961. – 824 с.
9. Аппель П. Теоретическая механика. Т. 2. Динамика системы. Аналитическая механика. – М.: Физматлит, 1960. – 487 с.

ВЫСШАЯ ШКОЛА БИОТЕХНОЛОГИИ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 57.044

А.С. Боргоякова[1], Е.В. Сысоева[2], Ю.Г. Базарнова[1], Т.А. Кузнецова[1]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2]Казанский национальный исследовательский технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA SOROKINIANA МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

В настоящее время растительные пигменты широко используются в качестве пищевых красителей. Благодаря неприхотливым условиям выращивания, богатому химическому составу микроводоросли рода Chlorella, являются важным источником ценных компонентов, в том числе пигментов, включающих хлорофиллы и каротиноиды.

В сухой биомассе микроводоросли *Chlorella sorokiniana* (*C. sorokiniana)* нами было определено содержание форм хлорофилла и суммы каротиноидов [1]. Установлен суммарный выход пигментов (26,78±1,34) мг/г сухой биомассы, хлорофилла *a* – (13,12±0,66) мг/г, хлорофилла *b* – (10,12±0,51) мг/г, суммы каротиноидов – (3,54±0,18) мг/г.

Тонкослойная хроматография (ТСХ), обладая всеми преимуществами хроматографических методов, находит широкое применение в качестве полуколичественного метода анализа природных веществ ввиду хорошей чувствительности, селективности, доступности расходных материалов и простоте выполнения анализа [2]. Значительное внимание уделяется методу ТСХ для разделения и идентификации смесей природных соединений, например, семейства каротиноидов. На эффективность разделения природных компонентов в тонком слое сорбента существенным образом влияют природа растворителя и сорбента и условия хроматографирования [3].

Разделение осуществляется на фиксированном слое сорбента (оксид алюминия, силикаты разных марок и т.д.). Подвижной фазой являются различные органические растворители или их смеси, в том числе, с водой, движущейся по слою сорбента за счет сил капиллярного взаимодействия. Для практической реализации метода необходимо располагать предварительной информацией о рекомендуемых сорбентах и растворителях, кроме того, следует учитывать, что до настоящего времени большую часть информации в ТСХ получают путем визуализации зон на сорбированном слое после окончания процесса разделения [4, 5].

Целью исследования является подбор системы растворителей для разделения пигментов в исследуемых образцах биомассы *C. sorokiniana* методом ТСХ.

Объекты и методы исследования: 1 − лиофилизированная биомасса хлореллы (*C. sorokiniana,* штамм 211-8k); 2 − биомасса *C. sorokiniana*, высушенная на воздухе при температуре 25÷30°С; 3 − биомасса *C. Sorokiniana,* предварительно сконцентрированная автофлокуляцией, при pH 11; 3 − липидная фракция *C. sorokiniana*, полученная с помощью аппарата Сокслет (Sohxlet) модели Büchi E-812 SOX; 6 - препарат «Веторон Е» (производитель «Внешторг Фарм», Россия), основное действующее вещество — β-каротин; раствор хлорофилла, выделенный диоксановым методом [6].

Для хроматографирования использовали пластины марки Sorbfil (ТУ26-11-17-89) без предварительной обработки. В качестве подвижной фазы использовали три системы растворителей: 1 – гексан : бензол (29:1); 2 – гексан : хлороформ (3:1); 3 – гексан : этилацетат:пропанол-2 (75:18:7). Для разделения пигментов ряд авторов рекомендует систему гексан : этилацетат : пропанол-2 в соотношениях 75:18:7 [7]. В качестве основной подвижной фазы был выбран неполярный растворитель гексан. В качестве мадификаторов использовали хлороформ или этилацетат и пропанол-2. Эти растворители относятся к разным группам по

классификации Снайдера, и при их использовании может наблюдаться разный порядок выхода компонентов на хроматограмме [8].

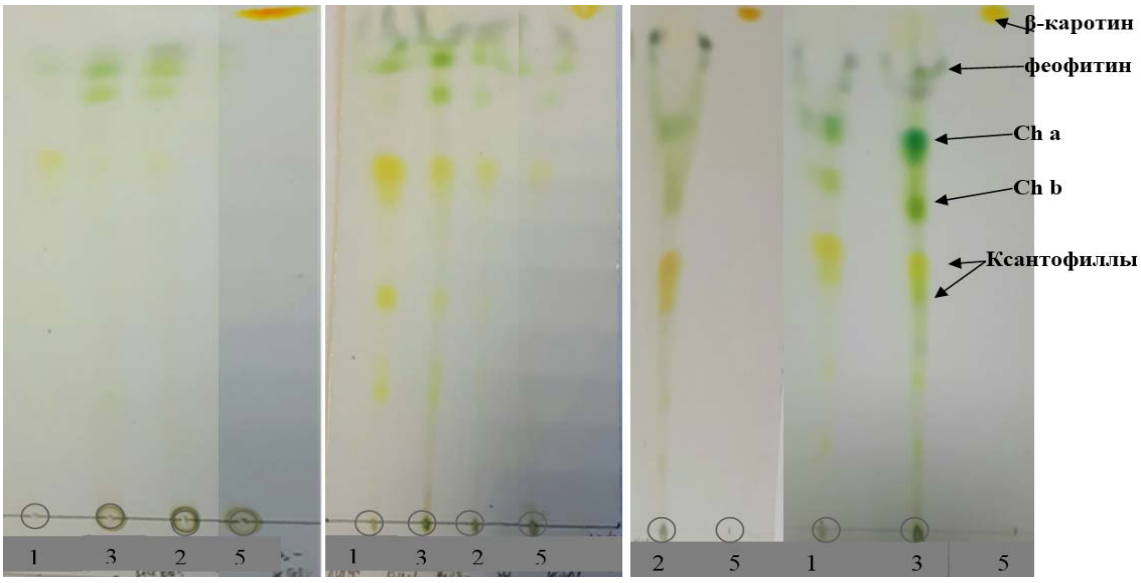
Из образцов биомассы экстрагировали пигменты: 0,01 г навески заливали 1 мл экстрагента (на 10 массовых частей биомассы использовали 1 часть экстрагента). В качестве экстрагентов использовали ацетон, хлороформ или гексан: этанол (9:1)

Для хроматографического разделения пигментов использовали систему растворителей 3. Хроматографирование проводили при температуре 18÷20°С. Фронт прохождения растворителя − 8,5 см.

Для разделения пигментов липидной фракции хлореллы 10 мкл образца и 30 мкл раствора хлорофилла наносили на линию старта. Для разделения пигментов использовали систему растворителей 1, 2 и 3.

На линию старта кроме исследуемых образцов в качестве свидетеля наносили раствор Веторона Е. Предварительно 0,5 мл препарата Веторон Е растворяли в 9,5 мл 96%-ного этанола.

Результаты. В результате разделения пигментов в системе 3 из экстрактов сухой биомассы получены хроматограммы, на которых визуальным методом по окраске пятен были идентифицированы хлорофиллы, феофитин (продукт деградации хлорофиллов) и каротиноиды (рис. 1).



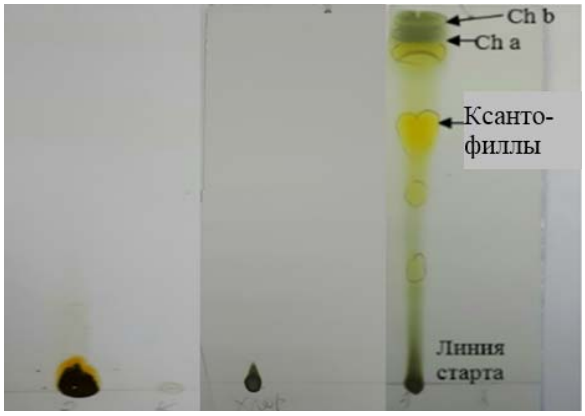
а) б) в)

Рис. 1. ТСХ пигментов из сухой биомассы *C. sorokiniana*: а) экстракция ацетоном; б) экстракция хлороформом; в) экстракция системой гексан:этанол в соотношении 9:1; 1 – лиофилизированная биомасса, 2 – биомасса, высушенная на воздухе, 3 – биомасса, сконцентрированная автофлокуляцией, 5 – препарат «Веторон Е»

Наиболее четкое разделение хлорофилла *a* и хлорофилла *b* отмечено в образцах, в которых экстракция пигментов была проведена смесью растворителей гексан:этанол (9:1) (рис. 1 в). На рис. 2 представлены ТСХ пигментов, выделенных из липидной фракции *C. sorokiniana.*

Отмечено, что система растворителей 1 (рис. 2 а), а также система растворителей 2 (рис. 2 б), однозначно не подходят для исследуемого образца. Наилучший результат отмечен при использовании системы растворителей 3 (рис. 2 в), однако пигменты разделены не полностью, картина смазана.

Распределение пигментов в системе растворителей 3 соответствует литературным данным [6], которые проиллюстрированы на рис. 3.



а) б) в)

Рис. 2. ТСХ пигментов из липидной фракции *C. sorokiniana*:
а) разделение системой гексан:бензол (29:1); б) разделение системой гексан:хлороформ (3:1);
в) разделение системой гексан:этилацетат:пропанол-2 (75:18:7)

Рис. 3. Схема тонкослойной хроматографии разделения пигментов фототрофов в системе растворителей гексан:этилацетат:пропанол-2

Таблица 1. Сравнительная характеристика влияния системы растворителей на разделение пигментов в липидной фракции *C. sorokiniana*

Системы растворителей	Каротин	Ксантофиллы	Феофетин	Хлорофиллы	
				a	*b*
Гексан:бензол (29:1)	-	-	-	-	-
Гексан:хлороформ (3:1)	-	-	-	-	-
Гексан:этилацетат:пропанол-2 (75:18:7)	+	+	+	+	+

Заключение. Для разделении пигментов биомассы микроводоросли *C. sorokiniana* в тонком слое наиболее эффективной является система растворителей гексан:этилацетат:пропанол-2 в соотношении 75:18:7. На хроматограммах визуально идентифицированы пигменты: каротин, ксантофиллы, хлорофилл a и хлорофилл b (табл. 1).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Bazarnova Y. Methods for concentrating the cell suspension of Chlorella microalgae for obtaining pigment complex / Y. Bazarnova, T. Kuznetsova, H.E. Boysen // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). – Volume 9, Issue 10, October 2018. − P. 340–350.

2. Шаршунова М. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии / М. Шаршунова, В. Шварц, Ч. Михалец. − М.: Мир, 1980. – 326 с.

3. Чечета О. В. Методика определения каротиноидов методом хроматографии в тонком слое сорбента/ О.В. Чечета, Е.Ф. Сафонова, А.И. Сливкин. – Воронеж: Воронежский государственный университет. – Режим доступа: http://www.sorpchrom.vsu.ru/articles/20080218.pdf.

4. Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография: в 2-х томах / Ю. Кирхнер. – Перевод с англ. − Москва: Мир, 1981. – 523 с.

5. Миназова Г.И. Тонкослойная хроматография в анализе природного сырья / Г.И. Миназова. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/tonkosloynaya-hromatografiya-v-analize-prirodnogo-syrya.

6. Белых Д.В. Хлорофилл и его производные: получение, структура / Д.В. Белых, Л.П. Карманова, А.В. Кучин // Труды Коми научного центра УрО Российской АН. – 1999. – № 162. – Р. 13–27.

7. Бойченко А.П., Чухлеб М.А., Фролова А.М., Логинова Л.П. Новый хемометрический подход для оптимизации разделения в нормально-фазовой тонкослойной хроматографии // Методы и объекты химического анализа. – 2010. – Т. 5, № 1. – С. 38–45.

8. Stahl E. Thin-Layer Chromatography A Laboratory Handbook / E. Stahl. Springer International Student Edition. Springer-Verlag Berlin Beideiberg GmbH. – 1969. – 1041 p.

УДК 637.146.1

Н.Д. Полеев, А.А. Ефимочкина, И.А. Баженова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ "РАСТИТЕЛЬНОГО МОЛОКА"

Актуальность. Молоко разных животных является одним из основных продуктов питания. Но многие люди не могут его употреблять в силу лактазной недостаточности. Решить эту проблему могут безлактозные продукты растительного происхождения. Поскольку производители предлагают немного таких продуктов, то актуальным является изучение возможности производства «кисломолочных» продуктов на основе растительного молока. Для людей, страдающих лактазной недостаточностью, существует альтернатива – ограниченное употребление молочных продуктов с низким содержанием лактозы. Например, продукты, основанные на козьем молоке, жировые молекулы которого намного мельче молекул коровьего, поэтому они легче усваиваются, не перегружая пищеварительную систему. После козьего молока почти не бывает болезненного вздутия кишечника. Все дело в низком содержании молочного сахара, вызывающего процессы брожения в желудке и кишечнике. Также, можно обратиться к опыту финской компании «Валио», которая уже давно выпускает молочные продукты и с низким содержанием лактозы, и без неё. В Финляндии низколактозные продукты появились на рынке без малого 30 лет назад. Они были увенчаны логотипом «HYLA», и содержание лактозы в них не превышает одного процента. У низколактозного молока более сладкий вкус, чем у обычного. Зато в кисломолочных низколактозных продуктах нет лишней сладости, потому что при сквашивании лактозу «съедает» микрофлора закваски. У компании есть такое молоко, сливки, йогурты, творог и др. товары. Также подобные продукты могут подойти для веганов, которые не употребляют в пищу животные кисломолочные продукты [1].

С точки зрения технического наименования, называть растительные напитки молоком из-за его визуального и консистентного сходства с обычным молоком неправильно.

Целью данной работы является разработка кисломолочных продуктов на основе напитков растительного происхождения.

Для выполнения поставленной цели решались следующие *задачи*:

1. Изучение и выбор заквасок для производства кисломолочных продуктов.

2. Отработка технологии производства продуктов.
3. Оценка органолептических и физико-химических свойств продукта.

В качестве *объектов исследования* использовали: коровье молоко, соевый, рисовый, миндальный и овсяный напитки, мультиштаммовые лиофилизированные закваски промышленного производства «Йогурт. VIVO» «Йогурт. ЕКОКОМ», «Йогуртель», «Ацидолакт. VIVO», кисломолочные напитки из сои.

Методы исследования. Титруемую кислотность молока и растительных напитков определяли в соответствии с ГОСТ 3624-92 [2]. Микробиологический анализ заквасок и продуктов проводили при помощи светового микроскопа «Микмед-5». Органолептические свойства кисломолочных продуктов определены группой из 10 дегустаторов [3], синеретические свойства были исследованы с помощью центрифуги ОЛЦ-3П при 2400 об/мин.

Результаты исследования. При анализе литературных данных и рынка растительно-молочных продуктов выяснили, что предлагаемое промышленностью растительные напитки различаются по пищевой и энергетической ценности. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1. Пищевая ценность растительных напитков

Показатели	Растительные напитки промышленного производства			
	Овсяный	Соевый	Рисовый	Миндальный
Белки, г	0,7	3,2	0,3	0,4
Углеводы, г в т. ч. сахаров клетчатки	7,6 4,4 0,5	2,8 2,7 0,5	11,0 6,0 0,0	0,1 0,0 0,0
Жиры, г в т. ч. насыщенных жирных кислот	1,1 0,2	1,9 0,3	1,0 0,1	1,7 0,1
Энергетическая ценность, ккал	44,0	42,0	54,0	14,0
Ca, мкг	120,0 (15 %*)	120,0 (15 %*)	120,0 (15 %*)	120,0 (15 %*)
Витамин D_2, мкг	0,75 (15 %*)	0,75 (15 %*)	0,75 (15 %*)	0,75 (15 %*)
Витамин B_2, мг	0,21 (15 %*)	0,21 (15 %*)	0,21 (15 %*)	0,21 (15 %*)
Витамин B_{12}, мкг	1,3 (50 %*)	0,38 (15 %*)	0,38 (15 %*)	0,38 (15 %*)

(%*) – от рекомендованной суточной нормы потребления.

Таблица 2. Кислотность заквасок в зависимости от времени их активации

Закваска	Время заквашивания, часов	Титруемая кислотность, °Т
«Экоком» на коровьем молоке	8–9	91
«Экоком» на соевом напитке	6	68
«Йогуртель» на коровьем молоке	8–9	98
«Йогуртель» на соевом напитке	6	72
«Ацидолакт» на коровьем молоке	8–9	116
«Ацидолакт» на соевом напитке	6	79

Проведено сквашивание соевого напитка («СояРус» (Россия), жирность 0,93%).

Исследование титруемой кислотности показало, что закваски на соевом напитке могут достигать меньших значений кислотности и требуют меньшего времени активации, а именно 6 часов, в то время как коровье молоко заквашивается в течение 8 часов. Результаты представлены в табл. 2.

Затем на основе активированных заквасок получали кисломолочные напитки на соевом напитке. Закваски вносили в количестве 5 %. Сквашивание проводили в течение 4 часов в термостате при температуре 38±1 °С для соевого напитка, а для коровьего молока использовалась температура 42±1 °С. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Определение интенсивности кислотообразования

Закваска	Нарастание кислотности напитков, °Т			
	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч
1	2	3	4	5
«Экоком» на коровьем молоке	21,0 ± 0,4	31,0 ± 0,2	46,0 ± 0,3	52,0 ± 0,2
«Экоком» на соевом напитке	19,0 ± 0,3	22,0 ± 0,5	34,0 ± 0,2	41,0 ± 0,2
«Ацидолакт» на коровьем молоке	21,0 ± 0,5	34,0 ± 0,3	39,0 ± 0,2	63,0 ± 0,6
«Ацидолакт» на соевом напитке	20,0 ± 0,3	27,0 ± 0,5	36,0 ± 0,4	45,0 ± 0,4
«Йогуртель» на соевом напитке	21,0 ± 0,3	28,0 ± 0,2	35,0 ± 0,3	43,0 ± 0,4
«Йогуртель» на коровьем молоке	23,0 ± 0,5	35,0 ± 0,5	41,0 ± 0,4	58,0 ± 0,5

Таблица 4. Органолептическая оценка готовых продуктов

Продукты	Показатели			
	консистенция	цвет	запах	вкус
«Йогурт. ЕКОКОМ» на соевом напитке	однородная 3,0	кремовый 3,5	бобовый 2,7	соевых бобов 2,8
«Йогуртель» на соевом напитке	однородная 3,1	кремовый 3,5	бобовый 2,8	соевых бобов 3,0
«Ацидолакт. VIVO» на соевом напитке	однородная 3,5	кремовый 3,4	бобовый 3,3	соевых бобов 3,0
«Йогурт ЕКОКОМ» на коровьем молоке	однородная 4,5	молочно-белый 4,7	кислого молока 4,3	кисломолочный 4,6

Более 3,5–4 часов процесс сквашивания соевого напитка проводить нецелесообразно, так как в напитках происходит отделение сыворотки, при этом готовые продукты не достигают кислотности, рекомендованной ГОСТом для обычных молочных йогуртов. Наибольшая кислотность и скорость нарастания кислотности были обнаружены у закваски «Ацидолакт». Йогурты на коровьем молоке сквашиваются в течение 6,0–6,5 часов, достигая кислотности 70–85 °Т.

Для полученных напитков был проведен органолептический анализ. Результаты представлены в табл. 4. Для сравнения был приготовлен йогурт на коровьем молоке.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что на данном этапе лучшим оказался контрольный образец. Из готовых напитков из сои лучшим является образец, приготовленный из ацидолактовой закваски.

Предположительно, эти результаты обусловлены нетрадиционностью вкуса соевых напитков. Они насыщены бобовым вкусом и ароматом, которые не исчезают при сквашивании, но их возможно перебить, а также к ним можно привыкнуть.

Для некоторых заквасок были исследованы синеретические свойства. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5. Синерезис заквасок

Название закваски	Время, мин					
	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
1	2	3	4	5	6	7
Отделение сыворотки, мл. «Йогурт. Экоком» на коровьем молоке	3,0	4,5	5,5	5,6	5,7	5,9
«Йогурт. Экоком» на соевом молоке	5,5	5,5	6,0	6,3	6,5	6,6
«Йогуртель» на коровьем молоке	3,2	4,7	5,7	5,8	5,9	6,0
«Йогуртель» на соевом молоке	5,4	5,6	6,1	6,3	6,5	6,6
«Ацидолакт» на коровьем молоке	3,0	4,0	5,0	5,5	5,8	6,0
«Ацидолакт» на соевом молоке	3,7	4,5	5,5	5,8	6,0	6,5

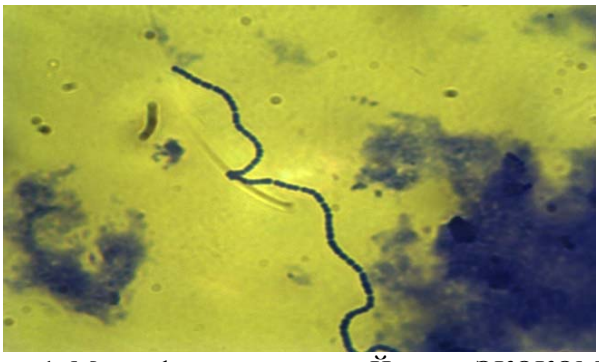


Рис. 1. Микрофлора закваски «Йогурт. ЭКОКОМ»

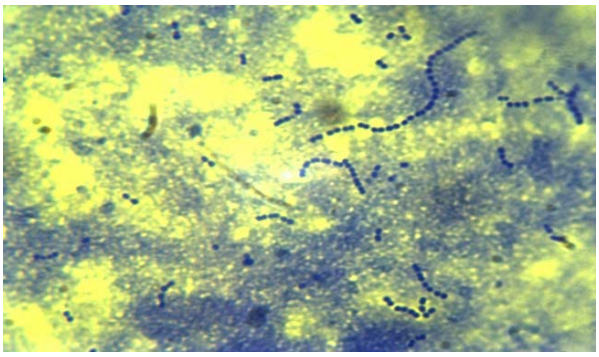


Рис. 2. Микрофлора закваски «Кефир. ЭКОКОМ»

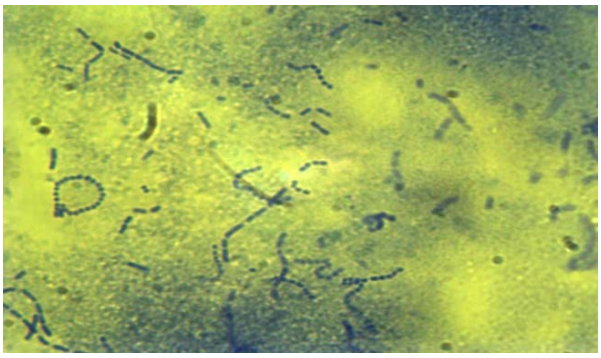


Рис. 3. Микрофлора закваски «Ацидолакт»

Процесс отделения сыворотки у соевого напитка не сильно отличается от коровьего. Показатели свидетельствуют о меньшем выделении сыворотки из растительного напитка, так как его способность по удержанию сыворотки меньше.

На рис. 1–3 представлена микрофлора заквасок. Микроскопирование образцов готовых напитков показало, что в йогуртах на соевом напитке очень хорошо развиваются стрептококки, которые образуют длинные цепочки по 10–15 кокков. Развитие болгарской и ацидофильной палочек идет медленно, вероятно, не хватает времени на их размножение. В препаратах встречаются единичные палочки.

Далее были предприняты попытки провести сквашивание овсяного напитка с помощью мультиштаммовых заквасок промышленного производства. Процесс сквашивания вели при температурах 38±2 ºС и 40±2 ºС в течение 6 часов. В результате микроорганизмы не развиваются, кислотность напитков практически не меняется (примерно 6 °Т), сгустка не образуется. Вероятно, это можно объяснить достаточно крупным размером частиц растительного компонента, а также углеводным составом овсяного напитка. Также была предпринята попытка по сквашиванию рисового напитка в процентном соотношении с коровьем – 50/50 и 75/25, но результат не был удовлетворительным.

После этого были предприняты попытки по сквашиванию миндального растительного напитка в чистом виде и в процентном соотношении с коровьем. Результаты оказались удовлетворительными, так как напиток в чистом виде и его смеси образовывали сгустки.

Выводы. По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Так как существует потребность в безлактозных продуктах, то производство сквашенных продуктов на основе растительного напитка является актуальной.
2. Разработанные продукты на основе соевого напитка с применением мультиштаммовых заквасок имеют удовлетворительные потребительские свойства и могут быть рекомендованы людям с непереносимостью лактозы или людям, придерживающимся вегетарианских диет.
3. Овсяный и рисовый напитки не подвергаются сквашиванию и не могут быть использованы для производства кисломолочных продуктов традиционным способом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Безлактозное молоко: производители, технология, польза и вред. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.technoshop.ru/list/all/topic_755/.
2. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-3624-92.
3. Исследование заквасок. Порядок выполнения работы. [Электронный ресурс]. – URL: http://mykonspekts.ru/1-57607.html.

УДК 664.729

А.Н. Шлыкова, Е.А. Устимова, И.А. Панкина, Е.С. Белокурова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БИОМОДИФИКАЦИЯ СОЕВОГО ЗЕРНА КАК СПОСОБ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СОЕВОГО МОЛОКА

В современном мире соевые продукты набирают особую популярность за счет своего богатого питательного состава. Поэтому разработка новых форм пищевых продуктов, в том числе функциональных, специализированных и лечебно-профилактических в настоящее время остается актуальной [1]. В частности, в связи с все учащающимся регистрированием случаев гиполактазии (непереносимости лактозы) «соевое молоко» стоит особняком среди

таких продуктов: оно не содержит молочный сахар лактозу, богато фосфолипидами (лецитином), являющимися источником важных ненасыщенных жирных кислот, витаминами группы В, Е, А, такими минералами как калий, фосфор, кальций и железо, а также обладает всеми необходимыми аминокислотами, в том числе и эссенциальными.

Название «соевое молоко» данный продукт получил благодаря своим сенсорным характеристикам и сходством с коровьим молоком: белый непрозрачный цвет, сливочный аромат, характерная для молока достаточно вязкая консистенция. Тем не менее, это не что иное, как вытяжка (экстракт) из семян сои, образующаяся при экстракции питательных веществ из измельченных семян соответствующей культуры.

Кроме соевого молока в России реализуются следующие виды молока, полученные из сырья растительного происхождения: кокосовое, рисовое, пшеничное, кукурузное. Правильное определение таким продуктам даёт ГОСТ 28188-2014 «Напитки безалкогольные. Общие технические условия» [2]. Все вышеперечисленные виды растительного молока являются безалкогольными напитками, изготовленными с преобладающим использованием экстрактов семян и плодов различных растений.

На данный момент технология приготовления соевого молока подразумевает использование в качестве исходного сырья зерно, замоченное на 10–12 часов [3]. Такая подготовка способствует размягчению зерна сои, растворению питательных веществ и увеличению выхода продукта [4]. Важно учитывать, что соя характеризуется и рядом естественно образующихся биологически активных веществ – лектинами, олигосахаридами, сапонинами, гемагглютининами, фитатами и изофлавонами, а также ингибиторами трипсина и химотрипсина. Последние способны связывать протеолитические ферменты, предупреждая их деятельность по гидролизу пептидной связи белков, а значит, нарушая дальнейшее всасывание их составляющих аминокислот в организм. Известно, что некоторые такие антипитательные вещества термолабильны, однако считается, что воздействие высокой температуры лишь частично разрушает нежелательные биологически активные вещества [5]. Таким образом, вопрос о процессе подготовки соевого сырья с целью понижения этого нежелательного эффекта остается актуальным.

Ранее были проведены исследования влияния активированных водных сред на активность процессов прорастания зерна сои [6]. Гипотезой данной работы стал вопрос о целесообразности включения дополнительного пункта в технологический процесс подготовки соевого зерна перед переработкой в соевое молоко: процесс биомодификации зёрен сои. Для целенаправленного изменения химического состава соевого зерна его сначала замачивали, а затем проращивали в искусственных условиях при определённых температурных режимах. Далее с пророщенными соевыми бобами поступали так же, как и при классической схеме получения соевого молока: их измельчали и термически обрабатывали.

Целью данного исследования является экспериментально доказать благоприятное влияние биомодификации соевого зерна перед переработкой в «соевое молоко» на качество конечного продукта. Исходя из этого, поставлены следующие задачи:

- выработать соевое молоко в соответствии с существующей технологической схемой,
- разработать новую технологическую схему,
- провести сравнительный анализ биохимических (содержание белка и жира) и физико-химической (плотность) характеристик «соевого молока», полученного разными способами,
- предложить рекомендации по технологическим режимам производства «соевого молока».

Методы исследования. Приготовление соевого молока проводилось двумя способами. В первом случае соевое молоко получали по общепринятой технологической схеме [3]: соевые бобы очищали от механических примесей и замачивали их в течение 10 часов; затем тонко измельчали набухшие семена, смешивая их с водой с гидромодулем 1:2; далее подвергали полученную суспензию влаготепловой обработке в течение 15 минут при температуре 105 °С.

Затем фильтровали и отжимали, отделяя окару от полученного экстракта, который и представлял из себя «соевое молоко».

Вторая, разработанная нами схема производства соевого молока, подразумевала дополнительную стадию – проращивание соевых бобов. Данный технологический этап проводили в соответствии с ГОСТ 12038-84 в течение 48 часов [7]. На дальнейших этапах технологического процесса поступали так же, как и при классической схеме производства. Необходимо отметить, что целенаправленная ферментация соевых бобов позволила получить сырьё с более рыхлым эндоспермом, которое легко размалывалось. Количество отходов, в данном случае окары, было намного меньше. В полученных образцах «соевого молока» контролировали сенсорные и важнейшие для данного продукта физико-химические показатели: содержание белков, жиров и плотность, что согласуется с литературными данными [8]. Определение всех исследуемых показателей проводили на приборе Клевер 2М.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлена стандартная шкала для идеального белка, рекомендованная объединенным комитетом ФАО/ВОЗ и количественное содержание незаменимых аминокислот в белке зерна сои.

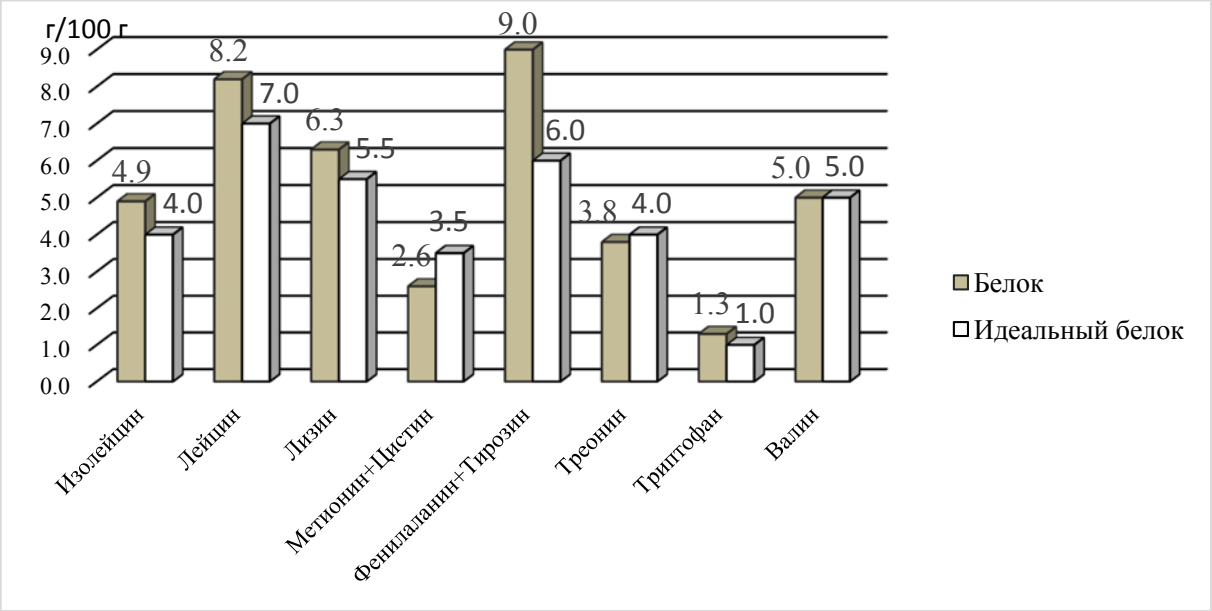


Рис. 1. Сравнительное содержание незаменимых аминокислот в зерне сои со стандартом ФАО/ВОЗ

Анализ литературных источников по аминокислотному составу зернобобовых культур показал, что белки зерна сои богаты лизином, лейцином и другими незаменимыми аминокислотами. Как видно из диаграммы, основными лимитирующими аминокислотами являются метионин+цистин, а также фенилаланин+тирозин.

Предложенная нами технологическая схема с использованием стадии биомодификации зерна представлена на рис. 2.

В ходе вышеописанного эксперимента получены значения содержащихся в образцах «соевого молока» белка, жира и плотности, представленные в табл. 2. Исследовали образцы экстрактов, полученные по традиционной технологии и по технологии с использованием стадии биомодификации.

Из данных табл. 2 видно, что при приготовлении «соевого молока» из биомодифицированных семян сои содержание белка и жира значительно возрастает. Это свидетельствует о резком повышении пищевой ценности полученного растительного экстракта и, во-первых, говорит о более полной экстракции растворенных веществ за счет совместного действия замачивания и естественных реакций активации ферментных комплексов при проращивании.

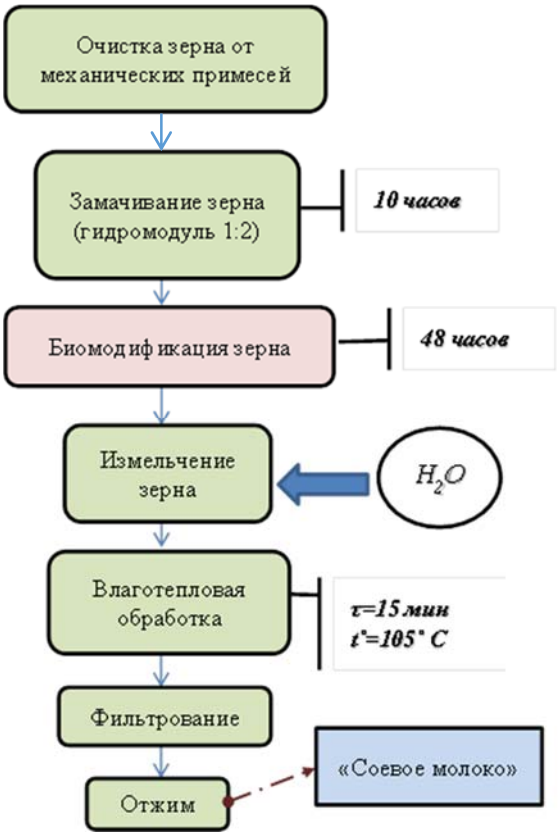


Рис. 2. Технологическая схема производства «соевого молока» из биомодифицированного зерна сои

Таблица 2. Сравнительный анализ биохимических физико-химических показателей образцов соевого экстракта, приготовленного по разным методикам

Образец соевого экстракта	Белок, %	Жир, %	Плотность, г/см^3
Из непроращенного зерна	1,20±0,00	0,97±0,03	1,13±0,06
Из биомодифицированного зерна	2,29±0,13	2,02±0,05	1,96±0,56

В прорастающих семенах различных бобовых растений обнаруживается большое количество всех групп ферментов: протеолитических, липолитических, амилолитических, которые расщепляют сложные вещества пищевых продуктов (белки, жиры, углеводы) на более простые (аминокислоты, жирные кислоты, простые сахара). Поэтому при использовании в пищу пророщенных зёрен организм человека тратит гораздо меньше энергии на переваривание и усвоение питательных веществ по сравнению с любыми продуктами, полученными из сухого зерна.

Кроме того, при прорастании семян также происходит увеличение содержания белка, вызванное синтезом из небелковых азотных соединений новых необходимых сое ферментативных систем.

Важно также отметить практически двукратное увеличение плотности «соевого молока», что тесно связано с возросшим биохимическим, а также и минеральным составом за счет более глубокого растворения и экстракции макро- и микроэлементов семян сои.

По итогам исследования получено следующее:

1. Показано, что производство «соевого молока» из биомодифицированных зёрен сои позволяет увеличить питательную ценность продукта путем повышения содержания протеина и липидов. Все пищевые и биологически-активные вещества, содержащиеся в составе

пророщенных зёрен сои, находятся в них в естественных, сбалансированных количествах и сочетаниях, эти вещества встроены в органическую систему живой ткани, и их усвоение не сказывается на здоровье человека отрицательно.

2. В результате изучения литературных источников выявлено, что при проращивании соевого зерна происходят такие биохимические процессы, которые при совмещении с термообработкой имеют синергический эффект и дополнительно снижают активность ингибиторов трипсина, химотрипсина и лектинов, а также способствуют гидролизу олигосахаридов, что благоприятно влияет на биохимический состав и усвояемость соевого молока [9, 10].

3. Анализ литературных источников по аминокислотному составу зернобобовых культур показал, что белки зерна сои богаты лизином, лейцином и другими незаменимыми аминокислотами. Выявлено, что основными лимитирующими аминокислотами являются метионин+цистин, а также фенилаланин+тирозин.

4. Разработана технологическая схема производства «соевого молока» из биомодифицированного зерна сои.

5. Полученное новым методом «соевое молоко» гораздо больше приближено к молоку коровьему по содержанию белка и жира, а также содержит несвойственные коровьему, но весьма важные для организма вещества, и, таким образом, может служить не только достойной альтернативой коровьему молоку для людей с гиполактазией, но также и ценным дополнением к рациону здорового человека.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Панкина И.А., Барсукова Н.В., Шлыкова А.Н. Перспективы использования зернобобовых культур в создании новых продуктов функционального питания. VI Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология». Часть 8. – Калининград. Изд-во БГАРФ, 2017. – С. 102–106.

2. ГОСТ 28188-2014. Напитки безалкогольные. Общие технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 8 с.

3. ТУ 9146-025-10126558-98. Заменитель молока «Соевое молоко». – Дата начала действия: 01 декабря 1999.

4. Белокурова Е.С, Борисова Л.М., Панкина И.А. Методология определения активности прорастания ячменя пивоваренного // Научный журнал НИУ ИТМО Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015, № 2. – С. 18–23.

5. Самофалова Л.А, Сафронова О.В Патент RU 2338432: Способ получения растительного напитка // Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Орловский государственный технический университет" (ОрелГТУ). – Дата публикации патента: 20.11.2008.

6. Шлыкова А.Н., Панкина И.А. Исследование процесса проращивания семян сои в электрохимически активированной воде с целью их использования в пищевых технологиях. Материалы VI Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» / Воронеж. гос. ун-т инж. Технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2017. – С. 158–161.

7. Межгосударственный ГОСТ N 4710 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» // Утвержден и введен в действие Государственного комитета СССР по стандартам от 19.12.84.

8. Белокурова Е.С., Кулакова М.С. Проростки пшеницы как источник эссенциальных микронутриентов при создании комбинированных пищевых продуктов. В сборнике: Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях. Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России. Составитель Н.А. Щербакова. 2017. С. 571–575.

9. Климова Е.В., Самофалова Л.А. Биоактивация витаминного комплекса семян гречихи и сои на ранних фазах прорастания и динамика миграции водорастворимых витаминов при экстракции // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 8. – С. 51–53.

10. Кощаева О.В., Хмара И.В., Федоренко К.П., Шкредов В.В. Влияние проращивания на химический состав и содержание антипитательных веществ в семенах сои // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 97(03).

УДК 616-076.1

А.Ю. Милёхина [1], М.А. Дмитриенко [2], М.А. Иванова [2], Е.Б. Аронова[1], Я.Э. Пазенко[1]
[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
[2] ООО «Ассоциация Медицины и Аналитики»

БЫСТРЫЙ УРЕАЗНЫЙ ТЕСТ – ОДИН ИЗ НАДЕЖНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ИНФЕКЦИИ HELICOBACTER PYLORI

Активные исследования *Helicobacter pylori* (*H.pylori*) ведутся генетиками, пато-физиологами, гастроэнтерологами и эпидемиологами. Многие случаи хронического гастрита, дуоденита, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, аденокарцинома желудка, MALT-лимфомы желудка этиологически связаны с инфекцией *Helicobacter pylori*. В связи с этим точная и своевременная диагностика инфекции является актуальным вопросом не только современной гастроэнтерологии, но и всей клинической медицины [1].

H.pylori имеет достаточно широкий набор факторов патогенности, большинство из которых хорошо адаптированы к условиям паразитизма этого микроорганизма в желудке. В желудке здорового человека микроорганизмов практически нет, что вызвано действием желудочного сока, который имеет низкое значение pH, губительное для многих микроорганизмов. Но факторы патогенности обеспечивают бактерии выживание в кислой среде желудочного содержимого и колонизацию слизистой оболочки [2, 3].

Когда в желудок попадает инфицирующая доза бактерии (более 10^3 клеток), происходит его сродство к клеткам желудочного эпителия с максимальной концентрацией в области межклеточных промежутков. Уреаза расщепляет мочевину и превращает ее в аммиак и углекислый газ (формула 1), которые предохраняют бактерии от неблагоприятной кислотности в желудке за счет создания вокруг колоний микроорганизмов защитного слоя:

$$NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2 + H_2O \xrightarrow{\text{Уреаза}} 2NH3\uparrow + CO_2\uparrow. \quad (1)$$

Вместе с тем, аммиак является одним из факторов, повреждающих слизисто-бикарбонатный барьер и слизистую оболочку желудка.

Диагностика *H.pylori*-инфекции осуществляется различными методами, непосредственно выявляющими бактерию или продукты ее жизнедеятельности в организме больного. Данное исследование проводилось биохимическим инвазивным методом. В основе метода лежит обнаружение *H.pylori* в биоптате по продуцированию этой бактерией большого количества уреазы, что во много раз превышает образование этого фермента у других уреазопродуцентов. Именно поэтому метод получил название «уреазный тест». Методика предполагает забор прижизненных биопсийных образцов тканей в ходе выполнения ЭФГС [4]. Тест обнаруживает наличие предварительно сформированной уреазы, продуцируемой *H.pylori*, в биопсийных материалах. Уреаза присутствует, а, следовательно, происходит гидролиз мочевины и образование аммиака и углекислого газа. Это способствует сдвигу кислотно-щелочного баланса в сторону роста pH, что можно зафиксировать индикатором.

Как известно, культура *H. pylori* имеет высокую уреазную активность, которая придает бактерии специфичность, так как не существует ни одного известного биологического объекта, который способен к продукции уреазы в таком же количестве и в сопоставимые сроки. То есть, как уже было сказано выше, *H. pylori* идентифицируется по количеству выработанной ей уреазы. При присутствии *H.pylori* в образце биоптата, помещенного на

индикаторный диск, окраска индикатора изменяется на синий или розовый в течение 30 минут. Скорость изменения окраски является специфичностью теста, и поэтому при увеличении продолжительности выполнения теста возможно получить ложноположительный результат из-за того, что в продолжительные сроки распад мочевины может осуществить уреаза других, менее активных бактерий, способных производить ее. Например, часто при антацидном гастрите в желудке присутствуют микроорганизмы рода *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus spp*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumonia*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus aureus* [1, 5].

Потенциальными интерферирующими агентами являются щелочные агенты, желудочное содержимое и кровь. Так как в тест-системе используется pH-индикатор, он не реагирует на компоненты крови и желудочного содержимого, но реагирует непосредственно на повышение pH ($pH_{крови}$ = 7,37–7,43, $pH_{желудка}$ = 0,9–8,3 [6]).

Быстрые уреазные тесты компании «Ассоциация Медицины и Аналитики» имеют разделения элементов, за счет которых достигается устойчивость тест-системы к потенциально интерферирующим щелочным жидким агентам: цвет носителя с индикатором меняется только под действием газообразных агентов, повышающих pH (аммиак, образующийся при гидролизе карбамида ферментом уреазой).

Врачи опасаются ложной диагностики с помощью быстрых уреазных тестов из-за влияния на результат других уреазопродуцирующих бактерий в желудке, помимо *H.pylori.* Поэтому целью работы было доказать специфичность быстрых уреазных тестов (БУТ).

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

- определить основные продуценты уреазы желудка;
- исследовать специфичность БУТ к продуцентам уреазы желудка;
- исследовать перекрестную чувствительность БУТ к потенциально интерферирующим агентам (щелочные агенты (желудочное содержимое, кровь).

В начале исследования из рабочей коллекции штаммов музея лаборатории были отобраны штаммы, обладающие наибольшей уреазной активностью:

1. *Staphylococcus aureus* (штаммы № 25923, № 4858).
2. *Proteus mirabilis* (штаммы № 377, № 380).
3. *Klebsiella pneumonia* (штамм № 403, № 4973).

Затем данные штаммы пассировали. Пассирование культуры *Staphylococcus aureus* производилось на чашках Петри с кровяным агаром, при температуре от +35 до +37 ° С, pH 6–8. На кровяном агаре культура образовала непрозрачные круглые (2–4 мм в диаметре) ровные колонии, окрашенные в желтый цвет.

Условия пассирования культуры *Proteus mirabilis*: на мясо-пептонном агаре при температуре +(35–36) ° С, pH среды 7,2–7,4. На поверхности питательной среды штамм дает характерный стелящийся рост в виде вуали.

Культуру *Klebsiella pneumonia* выращивали на мясо-пептонном агаре при температуре +(35–36) °С, pH 7,0–7,4. На мясо-пептонном агаре культуры образуют мутные слизистые колонии.

Активность фермента уреазы штаммов *Staphylococcus aureus, Proteus mirabilis, Klebsiella pneumonia* определяли по методу Заксе. Для определения уреазы по этому методу смешали реактивы А, содержащий мочевину и В, содержащий индикатор фенолрот. Полученный раствор разлили в пробирки по 0,1 мл и внесли по одной петле исследуемых чистых культур. Результат был зафиксирован после инкубации растворов в термостате при 37 °С по истечении 30 минут. Цвет индикатора изменился с оранжевого на красный, что доказывает присутствие фермента уреазы.

Путем последовательных добавлений петлей клеток культур *Staphylococcus aureus, Proteus mirabilis, Klebsiella pneumonia* в трех пробирках была получена суспензия бактериальных клеток с концентрацией 10^9 КОЕ /мл по стандарту мутности. Далее был приготовлен ряд последовательных разведений 10^8 КОЕ/мл, 10^7 КОЕ/мл и 10^6 КОЕ/мл.

При проведении испытания открывали язычок теста и наносили на поверхность для помещения биоптата по 2,6 мкл соответствующего раствора. Плотно закрывали язычок теста. Одновременно включали секундомер и засекали время индикационного эффекта. Исследование проводили пятикратно на трех различных партиях БУТ для получения достоверных результатов.

Потенциальными интерферирующими агентами являются щелочные агенты (желудочное содержимое, кровь).

Исследования с желудочным содержимым и кровью проводилось аналогично. С целью более жесткого контроля в лабораторных условиях в качестве имитатора потенциальных щелочных агентов выбран буфер с pH 9,18 (водный раствор тетрабората натрия $Na_2B_4O_7$).

Результаты по проделанной работе вывели в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Время появления окраски БУТ под воздействием различных продуцентов уреазы желудка

Культура	№ штамма культуры	Среднее время появления изменения окраски теста, мин	
		10^9 КОЕ/мл $2{,}6\times10^6$ КОЕ	10^8 КОЕ/мл $2{,}6\times10^5$ КОЕ
Staphylococcus aureus	25923	>30	>30
	4858	>30	>30
Proteus mirabilis	377	>30	>30
	380	>30	>30
Klebsiella pneumonia	403	>30	>30
	4973	>30	>30

Таблица 2. Влияние потенциальных интерферентов на ложноположительные результаты теста

Интерферент	Время появления изменения окраски теста, мин
Образец крови 1	>30
Образец крови 2	>30
Образец желудочного содержимого 1	>30
Образец желудочного содержимого 2	>30
Щелочной буферный раствор (pH 9,18)	>30

Полученные результаты показывают отсутствие срабатывания теста на кровь, желудочное содержимое, щелочной буферный раствор и на продуцирующих уреазу культуры *Staphylococcus aureus, Proteus mirabilis, Klebsiella pneumonia*.

На основании этого можно сделать вывод, что экспериментально доказана специфичность быстрого уреазного теста, производимого ООО «Ассоциация Медицины и Аналитики», применяемого для определения уреазы *Helicobacter pylori in vitro* хромогенным методом на продуцирующих уреазу культурах *Staphylococcus aureus, Proteus mirabilis, Klebsiella pneumonia* и потенциальных интерферирующих веществах (щелочные агенты, кровь, желудочное содержимое).

Полученные данные очень важны для подтверждения специфичности БУТ и доказывают, что именно бактерия *H.pylori* диагностируется с помощью данного теста.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аронова, Е.Б. Быстрый уреазный ХЕЛПИЛ®-тест: от моделирования к клинической практике / Е.Б. Аронова [и др.] // Гастроэнтология Санкт-Петербурга. – 2017. – № 3. – С. 25–30.

2. Шкитин, В. А. Роль *Helicobacter pylori* в патологии человека / В.А. Шкитин, А.И. Шпирна, Г.Н. Старовойтов // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. – 2002. – № 2. – С. 128–145.

3. Поздеев, О.К. Медицинская микробиология: учебное пособие / О.К. Поздеев; под ред. В.И. Покровского. 4-е изд., испр. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 768 с.

4. Корниенко, Е.А. Методы оценки уреазной активности in vivo и in vitro и их место в диагностике инфекции Helicobacter pylori / Е.А. Корниенко, В.Е. Милейко, М.А. Дмитриенко // Рос. журн. гастроэнтерол., гепатол. и колопроктол. – 2000. – № 10. – С. 37.

5. Osaki, T. Urease-positive bacteria in the stomach induce a false-positive reaction in a urea breath test for diagnosis of *Helicobacter pylori* infection / T. Osaki // Journal of Medical Microbiology. – 2008. – № 7. – P. 814–819.

6. Кислотопродукция желудка и методы ее определения: учебное пособие / Т.К. Дубинская [и др.]. – М.: Российская медицинская академия последипломного образования, 2004. – 20 с.

УДК 664.8.039

В.Г. Гнилицкий, Н.В. Барсукова, Ю.Г. Базарнова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ СВЕЖИХ ОВОЩЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ БИОЗАЩИТНЫМИ КУЛЬТУРАМИ, В ПРОЦЕССЕ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

Актуальность. В настоящее время актуальной задачей для производителей полуфабрикатов из свежих овощей является продление их сроков годности при холодильном хранении. При централизованном производстве это возможно за счет использования газобарьерной упаковки с модифицированной газовой средой (МГС) и обработки овощей биозащитными культурами микроорганизмов [1–4]. При этом представляет интерес изучение сочетанного влияния защитных факторов на показатели качества овощных полуфабрикатов в процессе холодильного хранения.

Цель работы – исследовать влияние биозащитных культур микроорганизмов на показатели качества полуфабрикатов из свежих овощей при холодильном хранении.

В качестве объектов исследования были выбраны свежие овощные полуфабрикаты из баклажанов, красного сладкого перца, цуккини и стеблей сельдерея.

Методы исследования. В работе использовали биозащитную культуру факультативно-анаэробную В-2 SafePro Lactobacillus sakei: общее количество клеток 1×10^9 КОЕ/г, продуцируемые вещества – L (+)-молочная кислота, продуцируемый бактериоцин – сакацин А. Нарезанные баклажаны, перец, цуккини, стебли сельдерея обрабатывали препаратом В-2 (*Lactobacillus sakei*) методом распыления [5]. Далее продукт упаковывали в полимерную газобарьерную тару, заполненную модифицированной газовой средой, и закладывали на холодильное хранение при температуре (4±2) °С. В качестве контрольных образцов использовали необработанные нарезанные баклажаны и перец, упакованные аналогичным способом. Определение массовой доли сухих веществ в овощах осуществляли высушиванием образцов при температуре (135±1) °С. Определение содержания органических кислот выполняли методом титрования [6]. Для определения количественного содержания суммы фенольных соединений (ФС) в баклажане использована методика с реактивом Фолина-Чокальтеу, основанная на образовании окрашенных продуктов окисления фенольных соединений с реактивом в щелочной среде, создаваемой насыщенным раствором карбоната натрия [6]. Определение содержания каротиноидов в красном перце основано на измерении оптической плотности экстракта на спектрофотометре при длине волны 440 нм, используя кювету толщиной 10 мм. В качестве стандартного раствора использовали гексан [6].

Результаты исследования. В табл. 1 представлены показатели содержания сухих веществ и органических кислот в овощных полуфабрикатах в процессе холодильного хранения на 1, 7, 10, 14 и 16 сутки.

Отмечено, что в контрольных образцах в процессе холодильного хранения содержание сухих веществ увеличивалось за 16 сут. в 2,5 раза, что объясняется потерей влаги в связи с усушкой овощей. В обработанных образцах этот процесс происходил 1,5 раза медленней, по

сравнению с контрольными образцами. Потеря органических кислот в обработанных образцах протекает медленней приблизительно на 20%, что свидетельствует о хорошем показателе их сохраняемости в полуфабрикатах из свежих овощей, обработанных биозащитными культурами. В табл. 2 представлены результаты определения содержания фенольных соединений в баклажане в процессе холодильного хранения.

Таблица 1. Содержание сухих веществ и органических кислот в полуфабрикатах из свежих овощей

Вид полуфабриката	Срок хранения, сутки	Содержание сухих веществ в контрольных образцах, %	Содержание сухих веществ в обработанных образцах, %	Содержание органических кислот в контрольных образцах, мг/г	Содержание органических кислот в обработанных образцах, мг/г
Баклажан свежий нарезанный	1	7,11	7,11	0,7	0,8
	7	7,23	7,12	0,7	0,8
	10	8,84	7,73	0,5	0,6
	14	16,29	9,88	0,3	0,4
	16	18,21	11,78	0,2	0,3
Перец сладкий свежий нарезанный	1	4,12	4,11	2,1	2,0
	7	5,24	4,79	1,6	1,7
	10	5,87	5,13	1,3	1,4
	14	8,63	5,33	0,9	1,2
	16	10,81	6,44	0,8	1,1
Цуккини	1	5,61	5,61	4	4,2
	7	7,82	6,81	3,8	5,1
	10	12,49	7,89	2,9	4,6
	14	16,32	12,32	2,1	3,1
	16	20,91	15,82	1,6	2,6
Стебли сельдерея	1	5,72	5,72	0,2	0,2
	7	6,32	6,01	0,2	0,2
	10	6,93	6,42	0,1	0,12
	14	7,71	7,11	0,1	0,1
	16	10,58	8,02	0	0

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в баклажане

Срок хранения, сутки	Содержание ФС в обработанных образцах, мг/г	Содержание ФС в контрольных образцах, мг/г
1	0,463	0,456
7	0,456	0,421
10	0,401	0,356
14	0,367	0,288
16	0,301	0,237

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в процессе хранения количество фенольных соединений снижается. Потери фенольных соединений свидетельствуют о снижении пищевой ценности и ухудшении органолептических показателей овощей. Общие потери фенольных соединений в овощных полуфабрикатах в процессе

холодильного хранения не превышают 50% в обработанном и контрольном образце, что является показателем свежести овощной культуры и правильности хранения. В обработанных образцах процесс потери фенолов происходит приблизительно на 15% медленнее, что позволяет сохранить фенольные соединения и продлить сроки годности овощей.

Динамика изменения содержания каротиноидов в красном перце в процессе холодильного хранения показана на рис. 1.

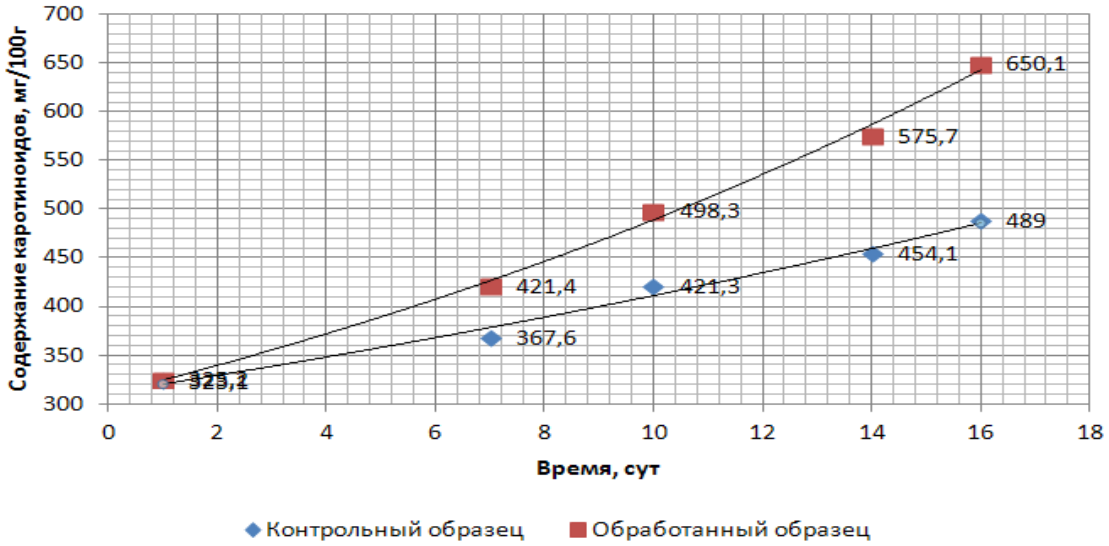


Рис. 1. Содержание каротиноидов в красном перце

Отмечено, что в процессе холодильного хранения количество каротиноидов в красном перце увеличивается за счет дозревания и на 16 сут. в контрольном образце составляет 489 мг/100г, а в обработанном образце – 650 мг/100г. Таким образом, обработка перца культурой *Lactobacillus sakei* способствует ускорению процесса созревания перца.

Выводы. Обработка полуфабрикатов из свежих овощей культурой *Lactobacillus sakei* и хранение их в полимерной газобарьерной таре, заполненной модифицированной газовой средой, позволяет лучше сохранять сухие вещества, органические кислоты, фенольные вещества исследуемых образцов свежих овощей в процессе холодильного хранения, а также способствует ускорению дозревания перца и повышению содержания в нем каротиноидов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дриль А.А. Исследование влияния технологии вакуумирования на качество полуфабрикатов из растительного сырья // Вестник КрасГАУ. – 2015, № 10. С. 105–112.

2. Гнилицкий В.Г., Шепиашвили Ю.В., Гребенюк А.А., Барсукова Н.В., Базарнова Ю.Г. Применение барьерных биотехнологий при производстве кулинарной продукции // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 122–125.

3. Емелина Е.Е., Быченкова В.В., Сафонова Э.Э., Попов В.С. Использование консервантов натурального происхождения для продления срока годности скоропортящейся продукции // Современная наука и инновации. 2017. № 4 (20). С. 63–67.

4. Елисеева С.А., Полевик А.А. Применение упаковки в индустрии питания // Пищевая индустрия и общественное питание: современное состояние и перспективы развития: сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 136–141.

5. Заявка на патент № 2018114747 от 21.04.2018 Способ обработки биопрепаратом сырых овощных полуфабрикатов / Гнилицкий В.Г., Базарнова Ю.Г., Шепиашвили Ю.В., Гребенюк А.А.

6. Этлеш С. Методы анализа пищевых продуктов. Определение компонентов и пищевых добавок / С. Этлеш (ред.-сост.); перевод с англ. яз. под общей редакцией Ю.Г. Базарновой. – Санкт-Петербург: Профессия, 2016. – 567 с.

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА, ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ

УДК 004.9

В.В. Останкова, А.И. Лёвина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ECM И BPMS СИСТЕМЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Актуальность. В современных условиях ведения бизнеса автоматизация управления бизнес-процессами играет ключевую роль для его успешного развития. В связи с этим перед руководством компаний встаёт вопрос о применении новых методов, технологий и инструментальных средств процессного управления, но за громкими маркетинговыми лозунгами может быть сложно разобрать настоящий функционал систем, а границы между некоторыми системами и вовсе становятся размытыми, не только для руководителей, но может вызывать споры и среди ИТ-специалистов.

Цель. Целью данной работы является разграничить два класса информационных систем ECM и BPMS. Исходя из цели работы были сформированы следующие *задачи:* описать функциональные возможности систем, выявить сходства и различия, дать рекомендации по сфере применения системы.

Сперва дадим определения данным классам информационных систем:

ECM-система (Enterprise Content Management) – программное обеспечивание, используемое для ввода, администрирования. Хранения, архивирования и доставки информационных ресурсов, связанных с организационными процессами предприятия.

BPMS-система (Business Process Management System) – программное обеспечение, поддерживающее концепцию процессного управления компанией, обеспечивающее моделирование, симуляцию, мониторинг и анализ бизнес-процессов, с возможностью динамического перестроения моделей бизнес-процессов силами участников.

Информационные системы, позволяющие автоматизировать и управлять бизнес-процессами можно разделить на: систему управления документацией, систему управления ресурсами и кейс-средства. BPMS-системы находятся на пересечении данных классов. В случае рассмотрения ECM-системы, то она объединяет в себе средства управления бизнес-процессами и интегрированное управление документами.

Как упоминалось выше, ECM-системы позволяют управлять как информационными ресурсами предприятия, так и процессами. В связи с чем рассмотрим более подробно основные функциональные модули, входящие в состав данной информационной системы:

- управление электронными документами. Обеспечивает хранение документов и метаданных, управление версиями и разграничение доступа к документу;
- управление контентом на веб-сайтах. Обеспечивает управление информацией на веб-сайтах или порталах, распределение обязанностей по работе с контентом сайта;
- workflow (модуль управления потоками работ). Обеспечивает передачу соответствующих документов и иного контента по заданным маршрутам, определяет задачи, а также отвечает за журналы хода выполнения бизнес-процессов;
- управление знаниями. Обеспечивает полный оборот информации, отвечающей за принятие решения, модуль также включает в себя некоторые инструменты, а именно: сквозной поиск, автоматическое присвоение категорий и представление информации;
- управление совместной работой. Обеспечивает поддержку взаимодействия между сотрудниками для совместной работы над решением общих задач.

Рассмотрим основные модули BPMS-системы:

- workflow (модуль управления потоками работ). Обеспечивает регулировку потоков информации, документов и работ, так же отвечает за исполнение поставленных бизнес-правил;

- модуль графического моделирования. Обеспечивает представление собранной аналитики процессов в терминах потока работ, также правил и информации;

- модуль мониторинга процессов. Обеспечивает накопление информации, необходимой для разработки критериев, позволяющих оценить работу компании, отделов, а также сотрудников;

- модуль взаимодействия с пользователями. Обеспечивает процесс коммуникации пользователя и системы;

- модуль управления системой. Обеспечивает полное управление, а также изменение конфигураций системы, управление системным доступом.

Итак, в первую очередь, отметим схожие возможности данных систем:

- оба класса систем имеют схожу функциональную часть в виде модуля workflow;

- поддерживают все этапы управления проектом: моделирование, исполнение, анализ;

- позволяют совмещать управление документами (контентом) и исполнение процессов;

Поскольку обе системы поддерживают управления потоками работ и большинство разногласий по поводу выбора ECM и BPMS систем связано именно с ним, то для начала рассмотрим наглядный пример, демонстрирующий причины внедрения worklow-систем и принцип их работы. В данном примере бизнес-процесс представляет собой приобретение товара или услуги для нужд организации. На рис. 1 приводится модель данного бизнес-процесса, описанного посредством нотации BPMN 2.0 [1].

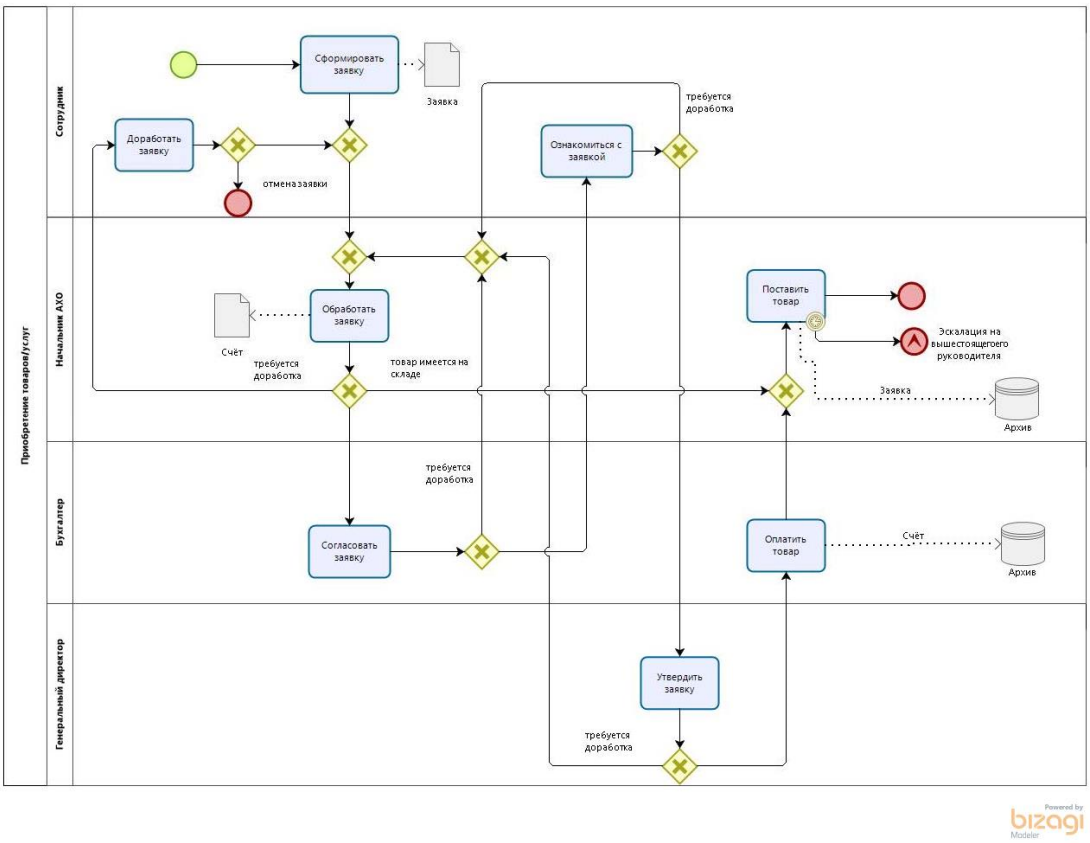


Рис. 1. Схема процесса «приобретения товара/услуги»

В рассматриваемой организации отсутствует система, которая могла бы поддерживать управление потоками работ, в связи с чем можно выявить следующие проблемы:

- Вариативность действий сотрудников организации. Сотрудник, исходя из субъективной оценки сложившейся ситуации, может выбрать собственный вариант действия.

- Отсутствие понимания последовательности действий.

- Сложность в выявлении проблемных мест. По причине отсутствия понимания о движении документов и выполняемых процессов в текущий момент времени.

- Размытые зоны ответственности. В результате могут возникнуть сложности в выявлении виновных.

- Отсутствие формальной заявки. Сотрудник может объяснить свою потребность в том или ином товаре на словах, что может вызвать недопонимание.

- Путаница в документации. Заявка или счёт могут затеряться среди прочих документов.

Вышеперечисленные проблемы в ведение процесса приобретения товара/услуги отражаются в последствии на основных процессах и ведут к дефициту ресурсов и высоким издержкам.

Рассмотрим работу данного процесса в случае его автоматизации в workflow-системе:

- Процесс разбит на последовательные этапы и определены зоны ответственности сотрудников, что ограничивает свободу воли сотрудника.

- Каждый сотрудник видит только необходимую ему документацию за счёт возможности прикрепить документ к процессу.

- Ясное понимание на каком этапе находится процесс и простота выявления проблемных мест.

- Оповещение пользователей о необходимости выполнения своей роли в процессе. Осуществляется при помощи установки таймера на процесс.

- Возможность автоматического ветвления процесса при заданных условиях.

Таким образом, временные затраты на осуществление процесса приобретения товаров/услуг сокращаются и у сотрудников освобождается больше времени на участие в основных процессах предприятия.

Рассмотренный пример объясняет целесообразность и причины внедрения workflow-систем и возвращает нас к сравнению ECM и BPMS систем, поскольку они поддерживают механизм workflow. Выявим различия в реализации этого механизма для будущего формирования рекомендаций по выбору систем, для этого дальнейшее сравнение ECM-систем и BPMS-систем будет произведено в разрезе описания особенностей работы данных инструментов. Механизм управления потоками работ в случае ECM-системы не является основной задачей данной системы. Во-первых, для изменения бизнес-процесса в ECM-системе предусмотрено небольшое количество инструментов, зачастую не поддерживает возможность ветвления процесса по заданным условиям, с чем хорошо справляется BPMS. Во-вторых, ECM-система направлена на управление процессами, в первую очередь, с межкорпоративным документооборотом, а также с задачами или поручениями, связанными с информационными ресурсами предприятия, в то время как BPMS-система имеет более широкие возможности автоматизации. Данный момент не обязательно означает преимущество BPMS-систем в области управления процессами, поскольку практически любые процессы на предприятии сопровождаются документами.

Проведённое выше сравнение механизма управления потоками работ, на первый взгляд, определяет выбор в пользу BPMS-систем. Однако, по данным «Логики BPM», можно отметить, что число пользователей ECM-систем превосходит число пользователей BPM практически в четыре раза [2]. Разберёмся чем обусловлена популярность ECM-систем для управления процессами перед более мощным инструментом в BPMS-системе:

- рядовому сотруднику системы класса BPMS просто не нужны, так как ему не нужно управлять деятельностью компании, а лишь выполнять свои функции в конкретном бизнес-процессе;

- в большинстве случаев компания не занимается реинжинирингом внутренних процессов чаще раза или двух раз в год, поэтому внедрение BPMS-систем и возможное увеличение гибкости процессов может оказаться не востребованным [3, 4];

- BPMS-система в большинстве случаев является более дорогим решением, в то время как ECM-система за свою невысокую стоимость позволяет автоматизировать документооборот и покрыть потребность в управлении процессами;

- многие производители BPMS-систем заявляют, что поддерживают моделирование и настройку бизнес-процессов без применения программирования (силами самих участников), однако в большинстве случаев это возможно лишь в случае простых процессов при малом количестве участников. Сложные и сквозные процессы скорее всего придётся автоматизировать путём программирования либо интеграцией с другой системой [5].

Таким образом, для управления большинством процессов, в особенности связанных с документооборотом, функционала ECM-систем будет достаточно. В случае, если компания имеет множество сложных или сквозных процессов, а сами процессы носят уникальный характер, то лучше будет сделать выбор в пользу BPMS-системы, благодаря её более проработанным средствам моделирования.

Выводы. Проведённый функциональный анализ двух классов информационных систем позволил выявить их различия, а также пересечение их возможностей. В обеих системах был выявлен модуль управления потоками работ, в связи с чем были проанализированы особенности работы данного инструмента в ECM и BPMS системах. Данное сравнение позволило разграничить цели и сферы применения данных систем. ECM-система ориентирована на автоматизацию небольших процессов, а также работу с корпоративным контентом в рамках этих процессов, в то время как BPMS-система применима в случае автоматизации множества сложных и уникальных процессов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Спецификация BPMN 2.0. – URL: https://www.elma-bpm.ru/product/bpm/bpmn.html.

2. Исследование компании «Логика BPM» и TAdviser: «Российский рынок BPM» // TAdviser. – URL: http://www.tadviser.ru/index.php.

3. Левина А.И., Ильин И.В., Эседулаев Р.А. Повышение эффективности проектов внедрения информационных систем класса BPMS с использованием типовых проектных решений. Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 4 (70). С. 9–14.

4. Ильяшенко О.Ю., Ильин И.В., Болобонов Д.Д. Роль BI-систем в совершенствовании процессов обработки и анализа бизнес-информации. Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 6 (72). С. 124–131.

5. Ilin I.V., Levina A.I., Shirokova S.V., Ilyashenko O.Yu., Dubgorn A.S. Enterprise architecture: interdisciplinary case study. study guide / Санкт-Петербург, 2017.

УДК 004.9

Л.А. Соловьев, Е.С. Гнатенко, С.В. Широкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Актуальность. Постоянное совершенствование технологий, изменения внутри и вне компаний, цифровизация и другие факторы требуют в свою очередь, изменений ИТ решений, осуществляющих поддержку бизнес процессов в компаниях. Кроме того, в настоящее время происходят изменения, которые могут потребовать существенной корректировки бизнес процессов, а, следовательно, совершенствования и их ИТ поддержки. Таким образом,

появляется необходимость обновления программных продуктов на предприятии для повышения эффективности работы компаний.

Цель работы – проанализировать актуальные политические и технические изменения, рассмотреть примеры компаний и какие изменения уже их затронули, а какие еще только предстоит внедрить и усовершенствовать.

Современные компании, которые сейчас только выходят на рынок, знакомы с современной спецификой работы и, как правило, уже понимают в каких условиях им придется работать в плане политической и технической обстановки. Эти компании знают про импортозамещение (и в своей деятельности учитывают этот факт работы при разработке концепции работы) и про современные программные продукты. К сожалению, этого не скажешь про компании, которые имеют за собой историю работы и, как правило, придерживаются консервативной тактики, которая была разработана давно и успешно пока еще работает. Чаще всего, в этих компаниях не хотят ничего менять, считая, что все и так идет хорошо и лучше от этого не станет. В этой статье и будут рассмотрены две такие компании, которые функционируют сейчас в г. Санкт-Петербург.

Первая компания – это компания ООО «ТК Борис и Павел», которая, в настоящий момент, входит в состав холдинга «ГК Векта». Еще недавно это была самостоятельная компания, но в связи с политическими обстоятельствами, а именно, из-за политики импортозамещения, была куплена и поглощена холдингом. До слияния в ООО «ТК Борис и Павел» была установлена информационная система 1С, а холдинг «ГК Векта» использует самописное решение. Сотрудникам пришлось адаптироваться к новому программному продукту. Параллельная работа двух информационных систем (самописного решения и 1С) была невозможна, так как усложнила бы все бизнес-процессы в компании [1].

Было проведено исследование этого самописного решения холдинга. Оно написано на языке программирования Delphi и уже много лет работает в холдинге [2]. Имеет свои достоинства и недостатки. Эта программа функционирует, как и в офисе, так и на складе в единой платформе, с различными правами доступа для различных сотрудников. Она неплохо адаптирована под условия сырного рынка. В ней имеются все необходимые справочники и отчеты.

Главный вопрос, который стоит при реализации такого рода решений – это коммуникация с различными контролирующими государственными органами. В компании этот вопрос решают с помощью 1С бухгалтерии, которая установлена только в бухгалтерии.

Из достоинств можно отметить хорошую адаптацию под условия рынка, о чем упоминалось выше, и простой пользовательский интерфейс, которые не должен был вызвать проблем у сотрудников, которые ранее работали с 1С. Скриншот интерфейса представлен на рис. 1.

Из недостатков стоит отметить затраченное время на выполнение некоторых операций, которые, по мнению сотрудников компании, в 1С решались гораздо проще. Чаще всего они связаны с какими-либо недоработками при написании того или иного справочника или отчета. Эти неточности постоянно исправляются IT отделом компании, но по мере усовершенствования программы появляются все новые и новые мелкие недочеты. Например, есть неудобство, которое уже давно не могут исправить, при работе со справочником «контрагенты» выходит огромное количество однотипных записей. При вводе определённого контрагента, система выдает все имеющиеся записи об этом контрагенте, не учитывая, что это все один и тот же клиент, который имеет большое количество торговых точек. В 1С это была карточка одного клиента со списком адресов, а в самописном решении это каждый раз новая карточка. Недостаток продемонстрирован на рис. 2.

Далее рассмотрим следующую компанию: ООО «Стеклопласт». Данная компания осуществляет поставки посуды и пластика в сетевые магазины Санкт-Петербурга. Работает на

рынке давно, имеет устоявшиеся отношения как с российскими поставщиками, так и с зарубежными.

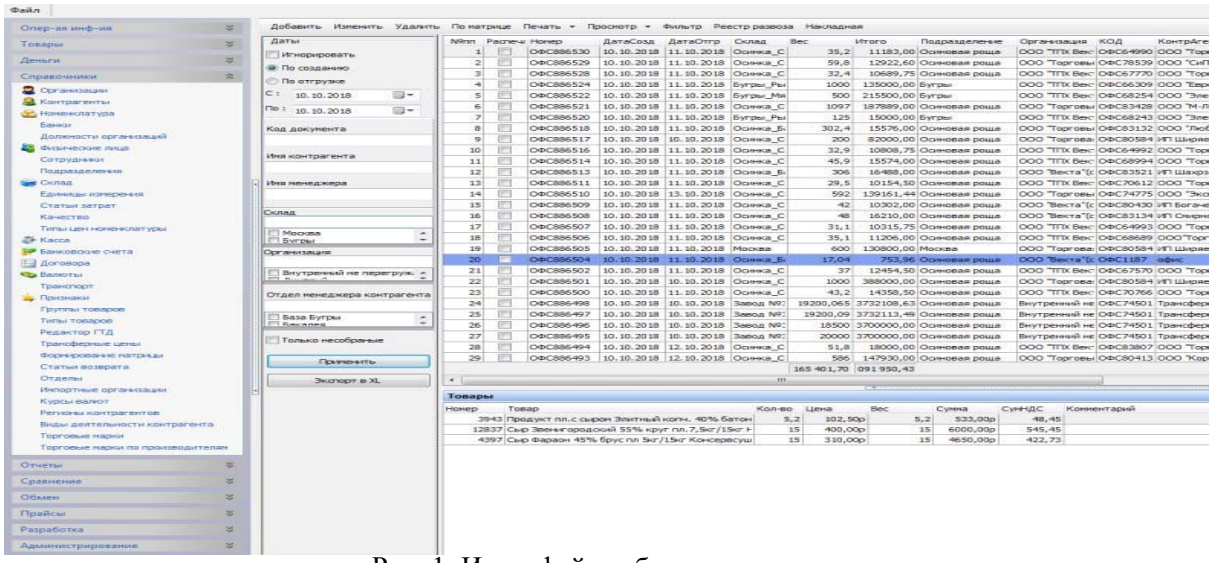


Рис. 1. Интерфейс собственного решения

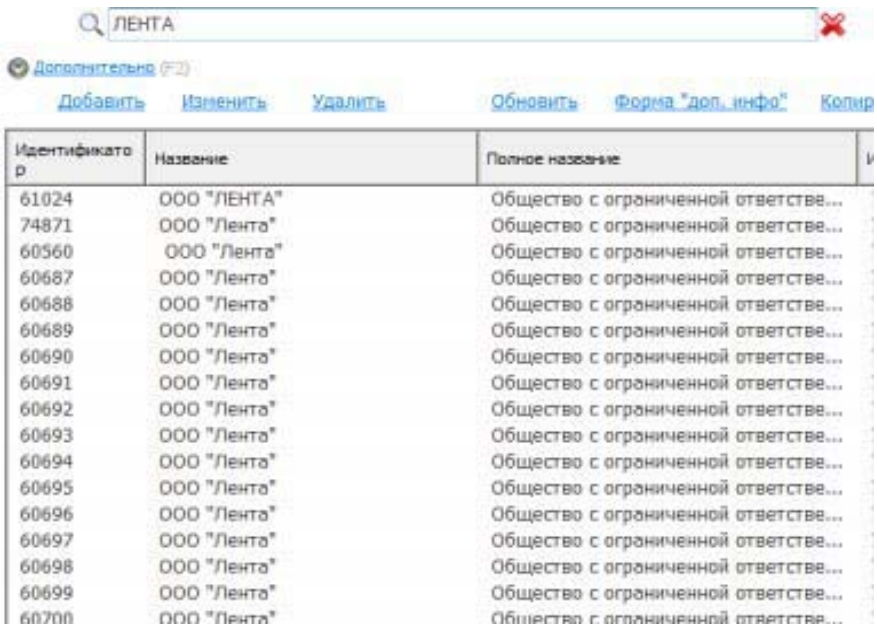


Рис. 2. Одна из небольших недостатков собственного решения

В настоящий момент компания объединяет центральный офис, склад с выставочным залом и два больших арендованных склада для хранения товара. Вся деятельность фирмы происходит в системе 1С Торговля и склад 7.7. Программа содержит несколько справочников. Рассмотрим основные два справочника. Справочник номенклатуры содержит информацию о товаре, его количестве, стоимости, логистические данные товара (объем, вес, габариты), распределение товара по складам хранения, остатков товара. Справочник контрагентов (юридическое или физическое лицо, являющееся поставщиком или покупателем) содержит полную информацию о поставщиках и покупателях фирмы: наименование, ИНН/КПП, юридический и фактический адрес, банковские реквизиты, контактные лица и их телефоны, а также уровень скидки покупателя и отсрочку платежа если она предоставляется.

Сверка взаиморасчетов с поставщиками и покупателями производится на основании акта сверки, который формируется в программе, и включает в себя суммы отгрузочных или

приходных документов, даты и номера этих документов, а также суммы и даты произведенных оплат.

В IT решении реализованы практически все задачи при движении товара в соответствии с цепочкой поставок (SCM) [3]. Товар необходимо купить у поставщиков и доставить на склад компании. У поставщиков заказы формируют менеджеры фирмы. Для этого они оценивают в системе, сколько товара на складе сейчас есть и сколько необходимо для удовлетворения потребностей всех заказчиков. В компании имеется несколько менеджеров по закупкам и каждый отвечает за сотрудничество с определенным количеством поставщиков. Заказы совершаются путем обзвона или же электронной почты, что не исключает возможность ошибки, допущенной менеджерами. Когда товар успешно заказан и поступил на склад, в системе ставится отметка о его наличии, количестве и примером месторасположении. Так как фирма работает с посудой, тут возможно большое количество вариантов наименований и однотипных названий, поэтому необходимо очень хорошо ориентироваться во всех номенклатурах.

Когда товар в полном объеме имеется на складе, можно начинать его сборку и комплектацию для отгрузки клиентам. Очень важно правильно рассчитать все сроки и осуществить поставку в срок. Для того чтобы собрать заказы из системы, смотрят информацию о весе, размере, объёме и местонахождении каждой позиции. Когда товар собрали и упаковали, он выдается транспортной службе для того, чтобы он был как можно скорее доставлен. Когда водитель приезжает в магазин, для отгрузки товара ему необходимо предоставить документы для отгрузки, которые заранее должны быть распечатаны из системы с содержанием полной информации о товаре. При отгрузке принимающая сторона помечает сколько товара было отгружено, имеется ли брак и недостача [4].

Для завершения данного процесса документы возвращаются в офис, где в программу переносится информация о отгруженных товарах. Таким образом формируется отчётность о проданных позициях. Схема полного пути товара в компании от момента закупки у поставщиков до продажи клиентам отражена на рис. 3.

После анализа деятельности фирмы можно выделить следующие проблемы [5, 6]:

– База данных, которая хранит всю информацию по сделкам, покупателям и поставщикам, морально устарела и содержит большое количество информации. Компании приходится подстраиваться и терять данные каждые 3 года. В связи с этим, по основным показателям фирмы компания не имеет длительного архива информации, т.к. в данный момент в ней информация лишь за 2017 и 2018 года.

– Компания работает с большим количеством товаров и содержит в базе данных около 15 000 позиций. В связи с этим фактом, программа просто не в состоянии учесть все возможные аналоги для каждой из позиций.

– Поскольку заказы производятся напрямую, у поставщиков возникает проблема систематизации информации о постоянных и будущих закупках.

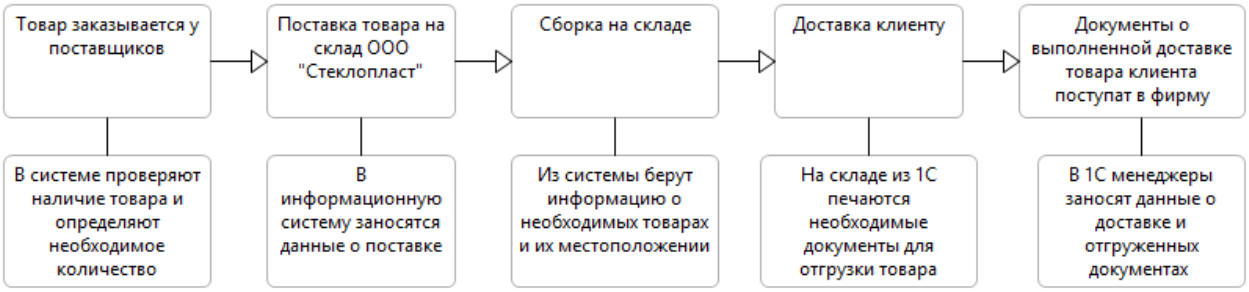


Рис. 3. Схема движения товара

На данный момент вся деятельность фирмы осуществляется в программном продукте компании 1С и ведется там уже много лет, решение о сильной смене программы в фирме не рассматривается. Однако решить вышеуказанные проблемы все же необходимо, поэтом было рекомендовано установить более новую программу от этого же производителя. Это позволит оптимизировать деятельность фирмы в данный момент и позволит избежать больших финансовых вложений. Наиболее подходящей версией для компании является программа 1С: Управление торговлей 8. В табл. 1 можно увидеть её сравнение с уже работающей в компании информационной системой.

Таблица 1. Сравнение систем

	1С: Торговля и склад 7.7	1С: Управление торговлей 8
Учет аналогов	-	+
Поддержка большой базы данных	-	+
Возможность просмотра истории сообщений сотрудников с контрагентами	-	+
Фиксирование актуальных цен при приёмке товара	+	+
Возможность сравнить поставки товара за период с планом закупок	-	+
Составление плана для закупок	+	+
Создание общего и уточненного закупочного плана	-	+
Возможность использования любой валюты в ценах	+	+

Таким образом, принято однозначное решение о необходимости обновления информационной системы в компании. Программа должна быть установлена на 50 компьютеров, тогда возможно рассчитать стоимость данного обновления. С учетом того, что в фирме уже есть внедренный продукт от компании 1С, стоимость данного внедрения составит 335 000 рублей.

Выводы. В статье был проведен анализ двух компаний – ООО «ТК Борис и Павел» и ООО «Стеклопласт».

Анализ первой компании показал, что самописное решение неплохо адаптировано под деятельность компании в холдинге. За многие годы ее использования она хорошо вжилась в условия этого бизнеса и демонстрирует неплохую бесперебойность работы. Переход на эту систему дал возможность объединить работу холдинга и новой компании, которая была поглощена [7, 8].

Исследование на примере второй компании показало, что полный анализ деятельности предприятия позволил выявить проблемы в использовании существующей информационной системы 1С: Торговля и склад 7.7. В результате проведенной работы рекомендовано внедрение программного продукта 1С: Управление торговлей 8. Обновление существующей системы позволит упростить оформление заказов на поставки, а также учитывать аналоги товаров и поддерживать большой объем информации, что в целом отразится на работе предприятия [3, 8].

В целом, проведенный анализ показал, что применение информационных систем в компании очень важно и напрямую влияет на эффективность. В современных условиях быстрого развития информационных систем, необходимо либо своевременно обновлять готовое программное решение или использовать свое собственное, но с непрерывной поддержкой со стороны IT департамента. Предложенные нововведения приняты к рассмотрению в компаниях и планируются к внедрению.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Официальный сайт компании 1С. – URL: http://www.1c.ru (Дата обращения: 11 октября 2018 г.).

2. Официальный сайт компании Delphi Technologies. – URL: https://www.delphi.com (Дата обращения: 11 октября 2018 г.).

3. Волкова В.Н., Юрьев В.Н., Широкова С.В., Логинова А.В Информационные системы в экономике // М.: Издательство Юрайт, 2016. – 402 с.

4. Потапенкова В.А., Ростова О.В. Автоматизация бизнес-процессов транспортной компании. В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. 2016. – С. 103–105.

5. Широкова С.В. Управление проектом развития цифрового предприятия. В сборнике: «Системный анализ в проектировании и управлении». Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 262–266.

6. Ильин И.В., Широкова С.В., Лёвина А.И., Ильяшенко О.Ю. Управление информационно-технологическими проектами // Санкт-Петербург, 2017.

7. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 450 с.

8. Ильин И.В., Широкова С.В., Дробышевский К.С. Электронный бизнес. Электронная коммерция: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2017.

УДК 339.198

Н.Н. Корженивская, О.В.Ростова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИТ-ИНСТРУМЕНТОВ ПРОДВИЖЕНИЯ ТОВАРОВ

Актуальность. На сегодняшний день все больше российских компаний осознают всю ценность и важность ИТ-технологий для развития бизнеса. Огромная часть маркетинговой активности в настоящее время происходит в онлайне, а это значит, что современные тренды требует нового взгляда на продвижение продукции на любой рынок. Используя ИТ-инструменты для продвижения товаров, маркетолог получает возможность получать данные из совершенно новых маркетинговых источников, таких как: SEO, SEM, SMM, Email, CRM. Однако, для того, чтобы получать выгоду от того или иного сервиса, очень важно уметь грамотно подходить к выбору необходимых инструментов продвижения [1].

Цель работы. В зависимости от специфики бизнеса и поставленных задач, для продвижения существует целый спектр различных информационных решений. Целью работы было выбрать ИТ-инструменты для продвижения товаров фирмы ООО «Мирай» на рынок косметической продукции. Для достижения цели, были решены следующие задачи: проведен анализ компании; выявлены проблемы с продвижением и определены пути их решения; изучены и проанализированы ИТ-инструменты продвижения; выбраны и применены наиболее подходящие ИТ-инструменты; произведена оценка эффективности выбранных инструментов.

Для оценки фактического положения фирмы был составлен SWOT-анализ, полученный в результате изучения сильных и слабых сторон компании, ее рыночных возможностей и факторов риска, данные приведены в табл. 1 [2].

При проведении детального анализа были выявлены сильные и слабые стороны компании, ее возможности и угрозы, помогающие дать оценку каждой категории. SWOT-анализ показал, что компании необходимо углубить свои позиции в Интернете для того, чтобы создать благоприятный имидж и сделать информацию о фирме и ее продукции доступной для сотен миллионов пользователей сети Интернет, в том числе географически удаленных. Сократить издержки на рекламу, реализовать все возможности представления информации о товаре с использованием современных технологий. Справиться с этими задачами фирме помогут грамотно подобранные ИТ-инструменты продвижения.

Продвижение – это мероприятия, направленные на повышение эффективности продаж через коммуникативное воздействие на персонал, партнеров и потребителей. Продвижение

преследует двоякую цель: активацию потребительского спроса и поддержание благоприятного отношения к компании [3, 4].

Таблица 1. SWOT-анализ фирмы

Потенциальные внутренние сильные стороны (S)	Потенциальные внутренние слабые стороны (W)
1. Устойчивое и рентабельно работающее производство. 2. Хорошее впечатление, сложившееся у покупателей о фирме (хорошее понимание, чего хотят клиенты). 3. Высокий уровень корпоративной культуры. 4. Компетентность персонала и качество продукции.	1. Слабая маркетинговая поддержка продаж. 2. Слабая политика продвижения. 3. Экономия на сотрудниках. 4. Слабый имидж компании (отсутствие узнаваемости бренда). 5. Отсутствие четко выраженной стратегии, непоследовательность в ее реализации.
Потенциальные внешние возможности фирмы (O)	Потенциальные внешние угрозы фирмы (T)
1. Способность обслужить дополнительные группы клиентов. 2. Способность увеличить долю рынка, расширить сеть. 3. Проведение стимулирующих мероприятий. 4. Внедрение необходимых модулей для CRM. 5. Применение ИТ-инструментов для продвижения товаров.	1. Неблагоприятное изменение курсов иностранных валют. 2. Появление новых игроков. 3. Усиление активности конкурентов.

Применение инструментов продвижения позволит решить существующие проблемы с сайтом компании, улучшить работу с клиентами и поддерживать популярность товаров на рынке. Для решения задач фирмы была произведена оценка эффективности семи изученных инструментов, таких как: SEO, Контекстная реклама, Таргетированная реклама, Email-маркетинг, СММ, Мобильные приложения, CRM.

У фирмы уже есть функционирующий сайт, но он долгое время не обновлялся и может уступать конкурентам в техническом плане, поэтому очевидной необходимостью стало проведение технического SEO-анализа и его дальнейшая оптимизация.

На данный момент для автоматизации работы коммерческого отдела руководство компании приняло решение о внедрении CRM-системы Microsoft Dynamics, но помимо модуля продаж, Microsoft Dynamics может предложить множество полезных функций по оптимизации маркетинга. Модуль для отдела маркетинга гармонично дополняет систему для отдела продаж. Объединение маркетинга и продаж в Microsoft Dynamics CRM создает удобную цифровую платформу для эффективного взаимодействия с клиентами. Именно это стало решающим доводом в пользу модуля маркетинга для Microsoft Dynamics CRM.

Так как компания, на данный момент, в связи с затратами на CRM, не имеет возможности тратить большие суммы, каждый рубль важно расходовать максимально эффективно. Для того, чтобы самостоятельно вести email-маркетинг, платить нужно только за сервис рассылок, а это недорого. Кроме того, есть и бесплатные сервисы, которые необходимо рассмотреть, так как поначалу их может вполне хватать на рассылки [3].

Проведя подробный анализ выбраны три наиболее актуальных инструмента: SEO, Email-маркетинг и CRM-система. Оценка эффективности предложенных инструментов представлена в табл. 2 [5, 6].

При использовании SEO целевая аудитория привлекается на сайт благодаря поисковым системам. Для облегчения поиска по страницам, сайту необходимо иметь качественный контент, который будет соответствовать запросу пользователя и максимально удовлетворит

потребность посетителя в информации. Так же стоит помнить, что удобство подачи информации не менее важно, чем ее качество, эту задачу помогает решить SEO-оптимизация.

Таблица 2. Выбор наиболее эффективных инструментов

Критерий	Коэффициент значимости	Инструменты продвижения						
		SEO	Контекстная реклама	Таргетированная реклама	E-mail-маркетинг	Работа с СММ	Мобильные приложения	CRM
Эффективность инструмента	0,25	5	2	1	4	2	1	5
Охват потребителей	0,2	5	3	3	4	2	2	4
Взаимодействие с др. инструментами	0,2	2	2	2	4	1	1	4
Затраты на использование	0,25	2	4	3	5	4	5	5
Сложность освоения	0,1	4	2	2	3	1	3	5
Итого	1	3,55	2,7	2,2	4,15	2,2	2,4	4,6

Для того чтобы начать оптимизацию сайта, нужно провести технический SEO-анализ. В процессе проверки необходимо выявить все недостатки и исправить их. Внутренний анализ сайта был проведен при помощи сервиса Sitechecker. В результате сканирования становится доступен огромный анализ выбранной страницы со списком проблем и возможными способами их устранения. Для каждой ошибки Sitechecker предлагает решения, которые, зачастую, сильно облегчают работу. Большинство подсказок полностью отображают проблему, некоторые имеют полноценные инструкции, а иногда и отдельные статьи.

Следуя подсказкам сервиса и устраняя проблемы, в ходе работы над оптимизацией были решены задачи, показанные в табл. 3.

Таблица 3. Задачи, решенные при помощи SEO-оптимизации сайта

Задача	Решение
Закрытие от индекса всех малозначимых страниц и дублей	Настроен robots.txt
Предоставление полного списка страниц, которые надо проиндексировать при поиске	Оптимизирована карта сайта
Обеспечение максимальной скорости загрузки страницы	Оптимизирован код изображения
Предоставление краткой и точной информации по содержанию страницы	Заполнен title, description, h1

Определив email-маркетинг как необходимый инструмент для продвижения товаров фирмы, необходимо сначала определиться с видом услуг, необходимых компании. Компанию интересуют сервисы, упрощающие процесс рассылки прямых писем, особенно важна возможность удобно конструировать шаблоны.

Для сравнения было выбрано 5 сервисов email-маркетинга: MailChimp, UniSender, eSputnik, GetResponse и CampaignMonitor. Рассмотрев их с точки зрения функциональности, простоты интерфейса и ценовой категории, было решено остановить свой выбор на сервисе GetResponse.

При появлении нового продукта в уже существующей линейке товаров, фирме необходимо создать рассылку для некоторых постоянных клиентов, чтобы они могли ознакомиться с новинкой. В GetResponse есть два способа создания письма: с помощью

блочного конструктора, с использованием шаблона для писем или созданием уникального дизайна, используя свои изображения и редактор HTML кода.

Важным этапом в создании рассылки служит возможность проверки кроссбраузерности и спам-рейтинга. Так как платформа предоставляет подробную статистику по многим показателям, есть возможность проверить эффективность проведенной работы. Такая система позволяет за короткое время значительно повысить интерес к продаваемой продукции.

В ходе работы с инструментом email-маркетинга GetResponse были решены задачи, показанные в табл. 4.

Таблица 4. Задачи, решенные при помощи Email-маркетинга

Задача	Решение
Рассылка писем большему числу потенциальных клиентов	Расширение базы при помощи инструментов GetResponse
Соблюдение графика отправки	Автоматизирован процесс отправки писем при выборе определенного шаблона
Отслеживание статистики отправленных/полученных писем	Платформа предоставляет отчеты о полученных клиентами письмах, что помогает анализировать и совершенствовать рассылки
Письма попадают в спам	Настроены расширения протоколов отправки электронной почты для своего домена

Таблица 5. Задачи, решенные при помощи CRM-системы

Задача	Решение
Недостаток информации и различное видение клиента у разных отделов	Ведение общей базы клиентов, возможность обращения к ней из разных отделов
Более высокое качество обслуживания клиента	Автоматизация рутинных задач, отнимающих лишнее время у работников
Расширение клиентской базы	Создание и интеграция сценариев для привлечения новых клиентов
Упрощенное ведение общей отчетности и анализ кампаний	CRM-система имеет функцию создания отчетов в необходимом виде с учетом особенности компании и построением графиков.

Модуль маркетинга для Microsoft Dynamics дает возможность точно распределять целевые аудитории по заданным критериям для наиболее качественной работы с клиентами компании. Данный инструмент позволяет настроить индивидуальный путь к каждому клиенту, отслеживая и замеряя его активность в социальных сетях, улучшать организацию внутренних мероприятий, автоматизировать рекламные кампании.

С целью увеличения объема продаж, а также продвижения бизнеса на рынке услуг и продуктов Microsoft Dynamics CRM использует маркетинговые кампании.

Microsoft Dynamics CRM обеспечивает полный функционал для автоматизации многоступенчатых кампаний. На этом этапе работы рассмотрено создание маркетинговой кампании, основным инструментом и действием которой является звонок.

В процессе работы созданы необходимые задачи, использующие каталог продукции и прочие заготовленные материалы. После того, как были созданы необходимые элементы для маркетинговой кампании, создаются действия кампании. Созданные действия распределены для группы контактов, которые указаны в маркетинговом списке.

При завершении кампании она сохраняется как шаблон, который можно неоднократно использовать, редактируя и дополняя.

Телефонный звонок – очень важный и надежный инструмент маркетинга компании. Многие вопросы намного удобнее и привычнее решать при помощи личных звонков, а с

помощью CRM-системы появляется возможность отслеживать результаты каждого звонка. Так как платформа предоставляет подробную статистику по многим показателям, есть возможность проверить эффективность проведенной работы. При помощи этого ИТ-инструмента были решены задачи, показанные в табл. 5 [7 ,8].

Выбранные инструменты отлично взаимодействуют между собой, упрощая работу сотрудникам, это показано на рис. 1.

Если представить схему взаимодействия при работе с выбранными инструментами, то выглядеть она будет примерно так:

1. Проводится оптимизация сайта для того, чтобы больше людей могли узнать о продукции компании через интернет.
2. Клиенты получают возможность связаться с компанией через сайт.
3. Информация с сайта поступает в CRM-систему для дальнейшей аналитики.
4. Собрав данные, полученные при помощи анализа посещаемых клиентом страниц, создается email-рассылка, которая может заинтересовать клиента.
5. Данные загружаются в CRM.
6. Анализ всей полученной информации для прямой работы с клиентом.
7. Клиент может обратиться в компанию самостоятельно, вся информация о нем фиксируется в общей базе данных.
8. Снова анализируются имеющиеся данные в системе автоматизации, чтобы оптимизировать рекламные кампании при помощи имеющихся у фирмы средств [9].

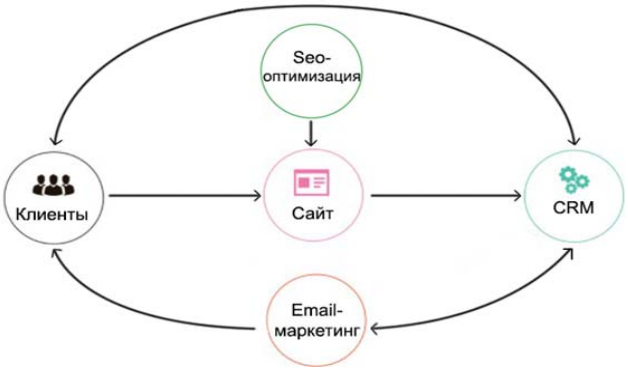


Рис. 1. Взаимодействие выбранных инструментов

Результаты. В эпоху электронных коммуникаций отношения поставщика и потребителя заметно изменились, это не могло не повлиять на создание новых способов для продвижения товаров и услуг. Так как компания не ведет прямых продаж, а работает через дистрибьюторов, очень важным было получить возможность для обхвата наибольшей аудитории, с чем отлично справляются грамотно подобранные ИТ-инструменты продвижения. После оптимизации приоритетных страниц сайт располагается на первом месте при поиске информации о продукте, выпускаемом фирмой. Настройка сервиса для email-рассылок дала возможность доносить до клиентов информацию о новых продуктах, акциях и уникальных предложениях, анонсируя их через рассылку. В качестве инструмента для автоматизации процессов маркетинга выступил модуль маркетинга для CRM, который ориентирован на управление и привлечение потенциальных клиентов. Рассчитав экономическую эффективность можно сделать вывод, что использование инструментов продвижения выгодно для компании ООО «Мирай».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Наумова Л.М. Прикладной маркетинг в деятельности фирмы: учебное пособие // Л.М. Наумова. – М.: «Издательство Элит», 2010. – 199 с.

2. Приданникова Л.О., Ростова А.С. Инструменты управления проектами. В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием, 2016. С. 106–109.

3. Широкова С.В. Управление проектом развития цифрового предприятия. В сборнике: «Системный анализ в проектировании и управлении». Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции, 2018. С. 262–266.

4. Егорихина М.С., Козлов С.Н., Шамин Е.А. Механизм программного бюджетирования, как один из государственных регуляторов сферы услуг // Вестник НГИЭИ. 2017. № 6 (73). С. 109–116.

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. Стромова К.А., Ростова О.В. Использование инструментов продвижения и оценки эффективности работы сайтов. В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием, 2015. С. 273–276.

7. CRM – как инструмент управления продажами. [Электронный ресурс] (http://www.bizeducation.ru/).

8. Ашманов И.С. Продвижение сайта в поисковых системах // И.С. Ашманов, А.А. Иванов. – М.: «Вильямс», 2007. – 304 с.

9. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 450 с.

УДК 378.1

М.П. Батаковская, С.И. Городецкая
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СЕРТИФИКАЦИЯ MICROSOFT КАК ОЦЕНКА КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Введение. В настоящий момент национальная система оценки квалификаций находится в ведомстве Национального Совета при Президенте РФ по профессиональным квалификациям [1] и активно развивается. Советы по профессиональным квалификациям утверждают систему оценки профессиональных квалификаций. В области информационных технологий есть практика обучения и сертификации мировых производителей программного и аппаратного обеспечения (вендоров). Например, корпорация Microsoft [2] на протяжении уже более 20 лет поддерживает систему обучения и сертификации ИТ-специалистов по технологиям компании:

- разработка авторизованных курсов по продуктам компании;
- поддержка широкой сети учебных центров, призванных готовить высококлассные кадры;
- разработка системы сертификаций для присвоения квалификаций ИТ-специалистам по ключевым технологиям компании;
- разработка сертификационных экзаменов, позволяющих оценить наличие знаний и навыков работы с технологиями корпорации с учетом специфики конкретной должности.

Цель работы: исследование наиболее востребованной сертификации корпорации Microsoft и рассмотреть применимость для оценки квалификации специалистов.

Актуальность. Вендор постоянно обновляет как перечень курсов, так и перечень сертификаций и сертификационных экзаменов, чтобы гарантировать их актуальность и соответствие современным требованиям ИТ-индустрии. На схеме (рис. 1) наглядно показано разнообразие и вариативность возможностей по сертификации компании Microsoft в настоящий момент. Из схемы мы можем видеть, что сертификации имеют следующие направления:

- клиент;
- облачные технологии;
- инфраструктура;
- анализ и управление данными;

- создание приложений;
- бизнес-приложения.

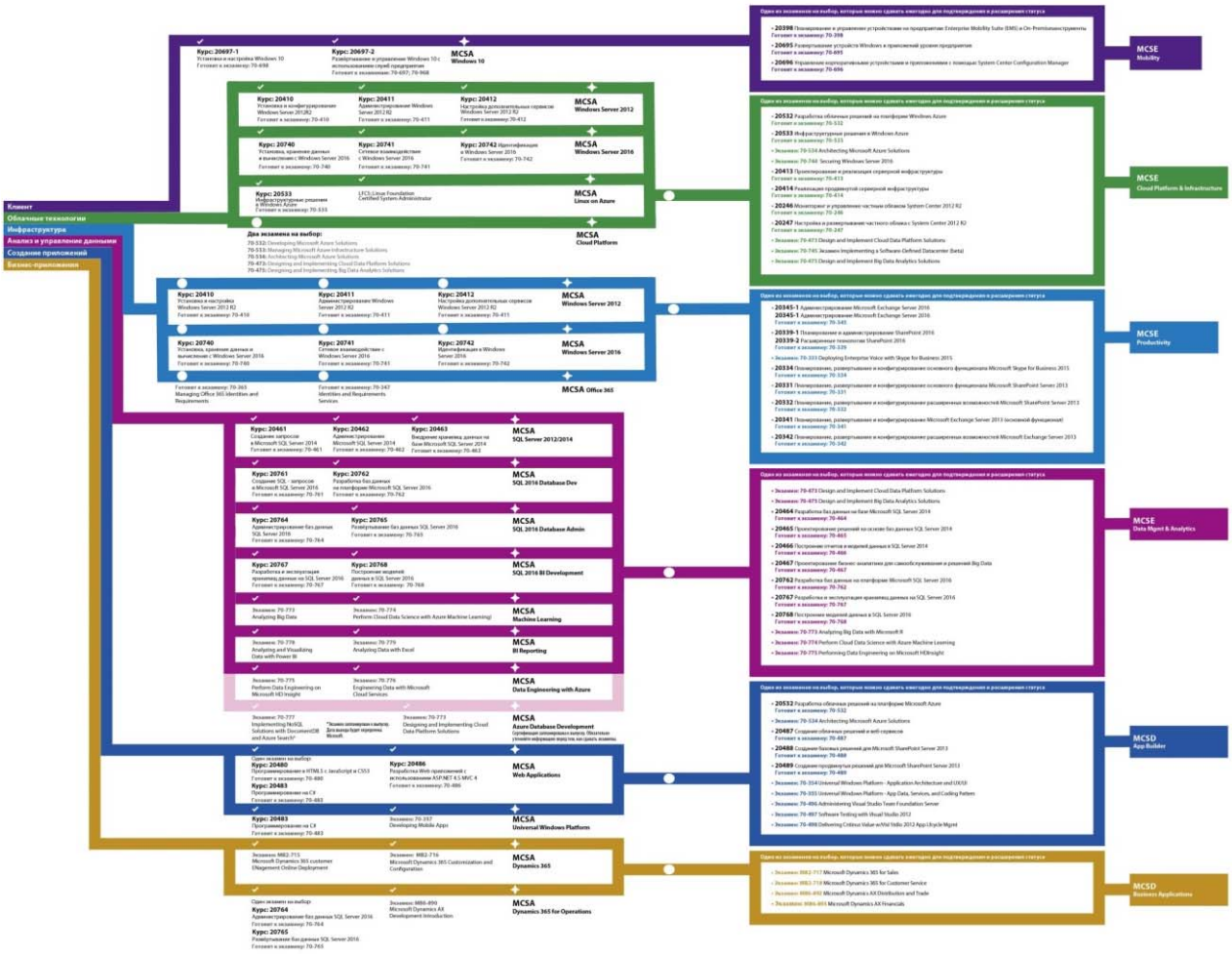


Рис. 1. Схема сертификаций компании Microsoft

Одним из ключевых направлений сертификации в настоящее время, является сертификация Microsoft Certified Solutions Expert – MCSE: Data Management and Analytics [3]. Сертификация MCSE «демонстрирует наличие знаний и навыков в области и администрирования SQL, разработки решений для управления данными в масштабе предприятия и использования бизнес-аналитики как в локальной среде, так и в среде облачных вычислений».

Международный сертификат «MCSE: Data Management and Analytics» подтверждает высокую квалификацию ИТ-специалиста. Данная квалификация дает возможность претендовать на следующие позиции: аналитик баз данных, проектировщик баз данных и специалист в области анализа данных.

Рассмотрим схему получения сертификации (рис. 2). Для получения сертификации Microsoft Certified Solutions Expert (MCSE) специалисту необходимо продемонстрировать практические навыки, получив сертификат MCSA и дополнительно сдать один обязательный экзамен.

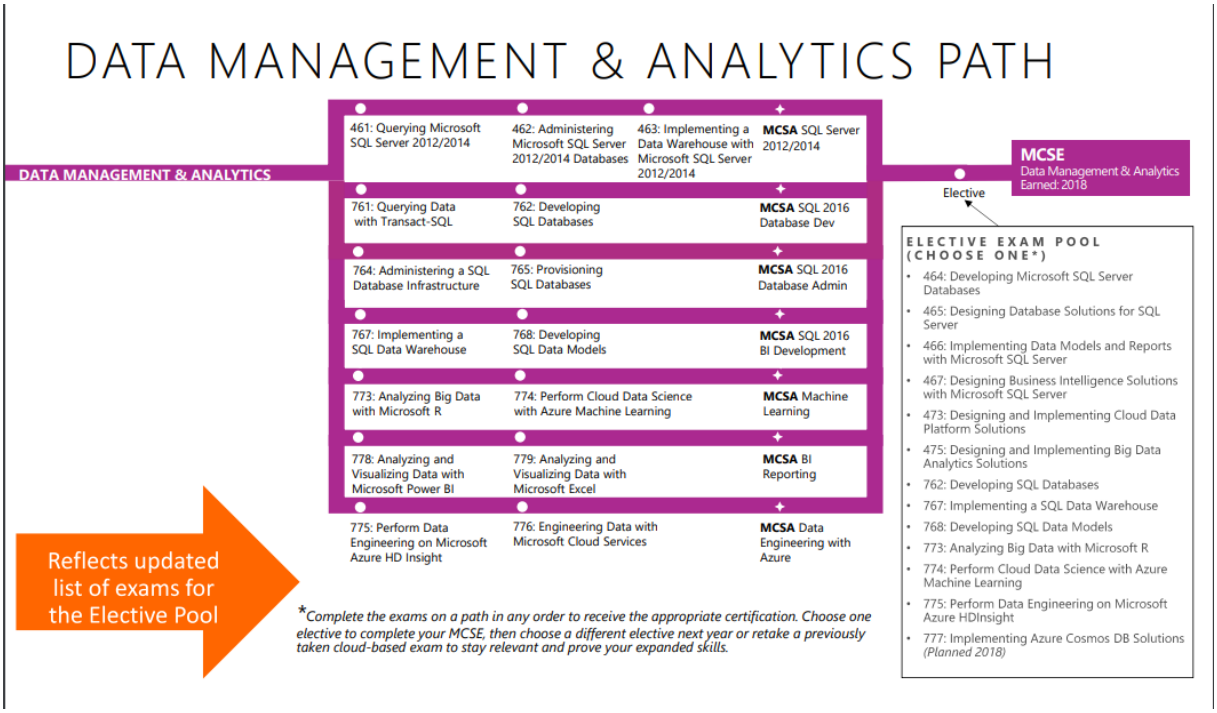


Рис. 2. Схема сертификаций компании Microsoft Certified Solutions Expert (MCSE)

На сегодняшний день существует 7 сертификаций MCSA в области управления данными:

1. MCSA: SQL Server 2012/2014. Microsoft Certified Solutions Associate. Сертификация дает возможность подтверждения квалификацию специалиста, который работает на должности разработчика программного обеспечения и баз данных.
2. MCSA: SQL 2016 Database Administration. Microsoft Certified Solutions Associate. Данная сертификация подтверждает, соответствие специалиста квалификации, которая дает возможность работать на должности администратора баз данных, разработчика баз данных или специалиста по инфраструктуре.
3. MCSA: SQL 2016 Database Development. Microsoft Certified Solutions Associate. Данная сертификация позволяет специалисту работать в должности разработчика баз данных.
4. MCSA: SQL 2016 BI Development. Microsoft Certified Solutions Associate. Специалист, имеющий данный статус подтверждает необходимую квалификацию для работы в должности разработчика решений по анализу данных.
5. MCSA: Машинное обучение. Данная сертификация подтверждает наличие знаний о машинном обучении, необходимых специалистам по обработке и анализу данных для создания и развертывания интеллектуальных решений.
6. MCSA: Отчеты по бизнес-аналитике. Специалист, имеющий данную сертификацию обладает экспертными знаниями, необходимыми для выполнения анализа и визуализации данных, хранящихся в различных источниках данных.
7. MCSA: Инженерия данных с помощью Azure. Данная сертификация подтверждает наличие знаний, которые необходимы специалисту для разработки аналитических решений с помощью Azure.

Для получения статуса Microsoft Certified Solutions Associate (MCSA) требуется:

1. Наличие фундаментальных ИТ-знаний.
2. Практический опыт работы с выбранной технологией.
3. Подтверждение знаний и навыков, путем сдачи нескольких сертификационных экзаменов в определенной области.

Например, для получения статуса MCSA: SQL 2016 Database Administration необходимо сдать 2 экзамена:

1. Экзамен 70-764/Курс 20764B. Administering a SQL Database Infrastructure. Этот экзамен предназначен для специалистов, которые выполняют задачи установки, обслуживания и конфигурации баз данных.

2. Экзамен 70-765/Курс 20765A. Provisioning SQL Databases. Данный экзамен призван подтвердить практические навыки по моделям развертывания, обновлению и миграции баз данных, приложений и служб, а также по интеграции приложений Azure с внешними ресурсами.

Требования данной сертификации тесно переплетаются с требования профессионального стандарта «Администратор баз данных в части установки систем баз данных, проверки эффективности их работы, регулярного сохранения, архивации и обеспечения безопасности данных от несанкционированного доступа.

Все сертификационные экзамены сдаются в специализированном центре тестирования VUE, в форме компьютерного теста. Тестирование проводится на английском языке.

Технологии тестирования, применяемые при проведении тестов, учитывают требования работодателей и кандидатов.

- Осуществляется строгий контроль во время тестирования: личность экзаменуемого проверяется по паспорту, чтобы сдача происходила лично кандидатом; кандидату не разрешается использовать любые материалы.
- Вопросы сосредоточены на практических навыках, которые требуются и оцениваются на примере мировых практик.

Сертификационные экзамены Microsoft позволяют оценить не только теоретические знания кандидата, но и его практический опыт, для этого вопросы состоят из блоков. В каждом блоке есть вопросы и задания, которые создают модель реального сценария, который встречается в работе данной системы или БД. Это дает возможность оценки готовности специалиста справляться с реальными ИТ-проблемами.

Блоки, предназначенные для проверки теоретических знаний реализованы в форме тестов, которые состоят из четко сформулированных вопросов и нескольких вариантов ответа составленных в различной форме. Это дает возможность более точно оценить знания кандидата. В теоретической части экзамена используются следующие форматы вопросов:

- Вопросы с выбором одного ответа из нескольких.
- Вопросы с выбором нескольких ответов из нескольких.
- Вопрос с выбором активной области.
- Вопросы с диалоговыми окнами.
- Вопросы с моделированием ответов путем перемещения блоков кода.
- Составление списка и изменение порядка ответов.
- Создание дерева ответов.

Оценка практических навыков кандидатов осуществляется с помощью практических заданий. Данные задания создают на основе имитирования реальной рабочей среды, в которой кандидат может показать свои навыки решения ИТ-задач:

- Задачи выполняются в реальной рабочей среде.
- Решаемые задачи, определяются заданным сценарием и соответствуют задачам, которые встречаются в реальной жизни.

Независимо от типа теста, выполнение кандидатом оценивается не по способу выполнения задания, а по точности конечного результата. Результаты экзамена предоставляются сразу по его завершении. В отчете, по результатам экзамена, присутствует анализ тем, затронутых в рамках тестирования, и оценка уровня знаний кандидата по каждой теме.

Сертификация вендора отражает квалификацию и глубину знаний ИТ-специалиста, что позволяет ему претендовать на определенную должность при устройстве на работу.

Для работодателя сертификация может рассматриваться как гарантия качества навыков и знаний, которыми обладает специалист.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Национальной Совета при Президенте РФ по профессиональным квалификациям, [Электронный ресурс]. 1997-2018. – URL: http://nspkrf.ru/ (дата обращения 10.10.2018).

2. Корпорация Microsoft системы обучения и сертификации [Электронный ресурс]. 1997-2018. – URL: https://www.microsoft.com/en-us/learning/default.aspx (дата обращения 10.10.2018).

3. Схема получения сертификации [Электронный ресурс]. 1997–2018. – URL: https://www.microsoft.com/ru-ru/learning/mcse-data-management-analytics.aspx (дата обращения 10.10.2018).

УДК 65.001

В.Э. Дё, А.М. Смирнова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕСА

Актуальность исследования. В настоящее время решение задачи модернизации вычислительных комплексов с целью объединения информационных процессов и создания единого фундамента для построения архитектуры предприятия с целью повышения экономической эффективности ведения бизнеса в целом является актуальным.

Целью работы является обоснование необходимости построения архитектуры предприятия как одного из предпочтительных инструментов цифровой трансформации бизнеса в рамках Industry 4.0.

Задачи: сформулировать определение инструментов цифровой трансформации бизнеса; установить характер влияния цифровых инструментов трансформации на внешнюю и внутреннюю среду бизнеса; разработать модель архитектуры предприятия для успешного построения целостной системы управления.

Цифровая трансформация бизнеса – предполагает развитие принципиально новых бизнес-моделей и бизнес-процессов, формирование инновационных товаров и услуг на основе комплекса современных технологий [1]. Основной целью цифровой трансформации бизнеса является повышение скорости принятия решений, увеличение вариативности операций в зависимости от потребностей клиента, снижение числа сотрудников, вовлеченных в процесс. Одним из основных обстоятельств эффективной реализации процессов трансформации считается применение инновационных средств передачи данных и информационно коммуникационных технологий.

В большинстве случаев, когда предприятию требуется модернизации, оно использует различные инструменты такие как: внедрение программного обеспечения или популярных методик и техник управления, нанимают различных консультантов, бизнес-тренеров или опытных топ-менеджеров, нередко комбинируя всё это друг с другом для повышения эффективности бизнеса [2]. Зачастую это все носит бессистемный и даже хаотичный характер, который может принести за собой неопределенный эффект. Неопределенный, так как организации заблаговременно не оценивают ожидаемый экономический эффект или компании оценивают его только на непродолжительный период [3]. Большинство компаний не рассматривают косвенный эффект, который может быть получен параллельно с прямым экономическим эффектом, а также возможный совокупный эффект, если внедрение

разнообразных управленческих инструментов будет носить организованный и скоординированный характер, который даст компании целую цепочку системных улучшений, принесёт более ощутимую выгоду и повысит удовлетворённость владельцев/акционеров компании.

Между тем существует довольно простой путь к решению целого комплекса управленческих задач и построению эффективной системы управления, обеспечивающий организации:

- гибкость – лёгкость адаптации к постоянно меняющимся условиям внешней среды и внутренней среды;
- масштабируемость – лёгкость адаптации в случае роста бизнеса или наоборот быструю реструктуризацию при свёртывании;
- устойчивость – лёгкость адаптации к кризисным явлениям на рынке.

Любая система – это продукт инжиниринга (в данном случае можно сказать бизнес-инжиниринга), то есть инженерной науки, поэтому методы построения системы управления организации аналогичны построению систем из любых других областей знаний. Современные инженерные методы подразумевают, что прежде чем реализовывать систему её необходимо спроектировать: разработать проектную документацию, на основе которой уже будет создана система. Ещё более современные методы подразумевают использование систем автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяют разработать модель будущей системы и на основе этой модели получить проектную документацию для её реализации. Преимущество использования САПР заключается в комплексном эффекте, который повышает качество проектной документации, а соответственно и качество продукта, и позволяет снизить возможные риски и более эффективно управлять жизненным циклом продукта [4]. Всё это способствует сокращению затрат на создание продукта без ущерба его качеству. Точно также, используя современные подходы, методы, техники и инструменты, можно получить модель организации, которая является основой для построения системы управления.

Значение термина «модель организации» довольно сходно с значением термина «бизнес-модель», поэтому нередко деятельность по созданию модели организации называют бизнес-моделированием, а специальное программное обеспечение для разработки моделей называют системами бизнес-моделирования. Термин «бизнес-модель», в наиболее широком значении подразумевает схему монетизации бизнеса, т.е. схему, каким образом бизнес формирует доход. Есть более узкое значение – это модель основного бизнес-процесса компании (процесса, который генерирует доход компании). И наконец профессиональное значение термина «бизнес-модель» подразумевает детальную модель всей компании, что по сути сопоставимо с понятием «модель организации». Поэтому разработка детальной модели организации (детальной бизнес-модели) и является кратчайшим путём к построению целостной и интегрированной системы управления.

Что из себя представляет модель организации? Если следовать концепции архитектуры предприятия [4], система управления состоит из взаимосвязанных элементов, таких как цели, бизнес-процессы, организационная структура, информационная структура, структура информационных систем и ИТ-инфраструктура, то модель организации, созданная с использованием профессиональной системы бизнес-моделирования, представляет собой совокупность структурированных и упорядоченных схем, диаграмм, документов и таблиц, то есть:

1. Цели обычно выражаются в виде структуры целей и набора стратегических карт, а также показателей с помощью которых оценивается достижение целей

2. Бизнес-процессы выражаются в виде диаграмм бизнес-процессов, составленных посредством разнообразных стандартных нотаций описания бизнес-процессов, таких как IDEF0, eEPC, BPMN и т.д.

3. Организационная структура выражается организационными диаграммами (всей организации в целом и подразделений), а также детальным описанием должностей и подразделением в контексте.

4. Информационная структура представляется структурой документов с определением их атрибутов и базовых шаблонов, базами данных, таблиц из которых они состоят и структуры этих таблиц и других носителей информации.

5. Информационные системы представляются структурой сервисов информационных систем: модулей и функций и описанием их функционирования.

6. Под ИТ-инфраструктурой предприятия (организации) понимается вся совокупность имеющихся в ней сервисов и систем, сетей, технических и программных средств, данных, автоматизированных процессов.

Правильно организованная ИТ-инфраструктура компании позволяет сотрудникам хранить и обрабатывать данные, работать с корпоративными приложениями, оперативно обмениваться информацией с коллегами и партнёрами, оптимально использовать все возможности бизнес-приложений, но при этом не стоит забывать, что ИТ-инфраструктура обязана обладать соответствующим уровнем защиты информации (рис. 1).

Рис. 1. Послойное представление архитектуры предприятия

Рациональное применение данной модели в организации поможет достичь поставленных стратегических целей и быть организации успешной в конкурентной борьбе. Среди преимуществ, которые организация может получить, применив данную модель организации, можно выделить [5]:

- Внедрение управленческих инструментов.
- Внедрение управления по целям (Management by Objects) системы менеджмента качества на базе стандартов ISO, внедрение сбалансированной системы показателей (Balanced Scorecard), бережливого производства (Lean management) и многих других популярных инструментов управления в любом случае подразумевает формализацию и документирование целей, стратегии, процессов, организационной структуры.

Решая эти задачи через разработку модели с использованием профессиональных систем бизнес-моделирования, организация в любом случае получает больший эффект, чем при разработке просто документов вручную:

Во-первых, документация получается более структурированной, наглядной, выполненной в едином формате и содержит меньше оформительских ошибок, поэтому повышается эффективность восприятия информации персоналом.

Во-вторых, с применением модели документы легче поддерживать в актуальном состоянии, соответственно затраты на поддержку будут значительно ниже, а качество намного выше. Если не заниматься актуализацией регламентирующей документации, то рано или поздно они перестанут соответствовать реальной модели работы организации и система, реализованная на базе этих документов, превратится в «камень преткновения» вместо того, чтобы быть драйвером всей организации [6].

В-третьих, модель организации может использоваться и для других задач: внедрения информационных систем, системы бюджетирования, поддержки принятий решений и т.д. В следствии этого совокупный эффект от использования модели для организации будет выше, а суммарные затраты ниже.

Результаты. В результате применения данной модели можно проводить следующие изменения.

1. Организационные изменения. Применение данной модели позволяет производить и организационные изменения более спланированно и менее болезненно для деятельности компании и бизнеса в целом. Их проще обосновать, взвесить все за и против, оценить риски и, наконец, выработать наиболее оптимальную стратегию их реализации, а также донести до всех сотрудников организации важность выполнения этих изменений.

2. Бюджетирование. Наличие модели значительно упрощает внедрение системы управления бюджетом организации, так как модель уже содержит все процессы, организационную структуру, позволяет легко определить центры доходов и расходов, лиц, ответственных за бюджеты и получить исходные данные для расчёта бюджетов отдельных подразделений и организации в целом [7]. В итоге организация получит более обоснованный, реалистичный и сбалансированный бюджет.

3. Бизнес-планирование и инвестиционные решения. В случае отсутствия модели организации, разработать реалистичный бизнес-план всей организации или её отдельного бизнес-направления практически невозможно. То же самое касается разработки новых продуктов и/или услуг и запуска новых направлений деятельности. Детальная бизнес-модель таких проектов может служить исчерпывающим источником для составления отдельных разделов бизнес-плана и расчёта ожидаемых финансово-экономических показателей. Поэтому наличие детально проработанной модели для нового бизнес-проекта существенно повышает шансы на его успех, позволяет более объективно оценить риски и обосновать проект перед инвесторами. Из этого следует, если при разработке бизнес-плана не предшествовала разработка детальной бизнес-модели проекта, то такой бизнес-план вряд ли будет успешно реализовано.

4. Внедрение информационных систем и различного ПО. Модель организации обычно включает в себя: детальную модель процессов, которая, в том числе, описывает, как используется необходимая информационная система или другое ПО, описание документов, информации, баз данных, их структуры и характера использования, описание должностей и/или ролей, которые используют информационную систему и ПО, т.е. профили типичных пользователей и, наконец, структуру информационной системы с описанием её модулей и функций. Таким образом, модель организации содержит исчерпывающий набор информации, необходимый для формализации требований к информационной системе. Исчерпывающий означает, что помимо технического задания, модель позволяет оценить объём и сложность внедрения, возможные риски, предусмотреть и спланировать мероприятия по обучению пользователей, определить требования к ИТ-инфраструктуре, а также обосновать целесообразность инвестиций в программное обеспечение и ИТ-инфраструктуру и, в конечном итоге, выбрать программное обеспечение для внедрения информационной системы

и его поставщика, которые наилучшим образом будут удовлетворять нуждам организации. В итоге компания сможет рассчитывать на максимальную отдачу от владения и использования приобретённого программного обеспечения, окупаемость и быстрый возврат инвестиций, вложенных в его приобретение и адаптацию под нужды компании.

5. Вся информация, касающаяся модели работы организации, хранится в одном месте. Это позволит в кратчайшие сроки получить доступ для обзора информации, работу с ней и внесение изменений. Данные, которые подверглись изменениям в одном месте, могут обновляются везде, где они упоминаются. Такой подход оптимизирует затраты на поддержание модели и документации, которая формируется на её основе в актуальном состоянии.

6. Развитие персонала. Документация системы управления, которая создаётся на основе модели, служит удобным инструментом подготовки новых сотрудников и контроля качества работы существующих.

Выводы. Разработка и использование концепции архитектуры предприятия существенно упрощает множество задач, связанных с управлением организацией и облегчает деятельность по ее управлению, а также позволяет повысить эффективность реализации проектов, связанных с совершенствованием системы управления организации, то есть получить положительный синергический эффект. Таким образом, разработка модели архитектуры предприятия является кратчайшим и надёжным путём к построению системы управления предприятием, учитывающим все современные тенденции ведения бизнеса в эпоху Industry 4.0.

ЛИТЕРАТУРА:

1. НИУ ВШЭ серии «Цифровая экономика». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.hse.ru/primarydata/ice2017 (дата обращения: 20.11.18).

2. Borremans A.D., Zaychenko I.M., Iliashenko O.Y. «Digital economy. It strategy of the company development» в сборнике: MATEC Web of Conferences Cep. "International Science Conference SPbWOSCE-2017 "Business International Science Conference SPbWOSCE-2017 "International Science Conference SPbWOSCE-2017 "Business Business Technologies for Sustainable Urban Development"International Science Conference SPbWOSCE-2017 "Business "International Science Conference SPbWOSCE-2017". 2018. С. 01034.

3. Global Digital Transformation Survey. 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.fujitsu.com/global/vision/insights/survey2/ (дата обращения: 21.11.18).

4. Ильин И.В., Лёвина А.И «Управление зрелостью бизнес-архитектуры предприятия». Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2015. № 2 (216). С. 109–117.

5. Understanding the evolution of the global economy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.mckinsey.com/ru/our-insights.

6. Лепехин А.А., Ильин И.В., Дубгорн А.С. «Применение архитектурного подхода в проектах внедрения информационных систем». В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научного форума с международным участием. Инженерно-экономический институт. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-экономический институт; Ответственные редакторы: О.В. Калинина, С.В. Широкова. 2015 С. 193–195.

7. Digital Transformation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://sloanreview.mit.edu/tag/digital-transformation/ (дата обращения: 20.11.18).

УДК 658

Г.В. Матвеев [1], А.А. Ильинский [2]
[1] АО «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург»
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЦЕНТРОВ ДОБЫЧИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Введение. Развитие северных районов нашей страны является одной из важнейших геополитических задач, ведь именно за полярным кругом находится большая часть наших минеральных ресурсов, а границы между арктическими странами вызывают столько споров. Но недостаток инфраструктуры сдерживает рост инвестиций в арктические сырьевые проекты. Организация должного финансирования объекта – ключевая задача для инвестора. При разработке месторождений в арктической зоне зачастую инвестор сталкивается с невозможностью реализации проекта ввиду отсутствия возможности обеспечить достаточные вложения в инфраструктуру. Строительство объектов энергетики и транспорта составляет значительную часть в составе разрабатываемого месторождения. Поэтому выбор подходящего метода финансирования объектов инфраструктуры играет решающую роль в принятии решения о реализации всего проекта.

Целью работы является систематизация существующих методов финансирования внешней инфраструктуры сырьевых центров в арктической зоне и оценка их перспектив развития.

Актуальность. В настоящее время в арктической зоне России в стадии разработки находятся несколько крупных месторождений по которым принимается решение о финансировании. Государство и инвесторы ищут пути выделения средств на строительство дорог, линий электропередач, портов. Но сложившейся практики, делающей освоение северных месторождений привлекательными на данный момент, не существует. Рассматриваемые методы в данной статье могут стать основой для зарождения интереса инвестора к разработке месторождений в арктической зоне. Будет дана оценка потенциала развития центров добычи минерального сырья.

Одним из важнейших геополитических интересов страны является освоение именно арктических месторождений. При этом арктическую зону России можно условно поделить на Западную (западнее архипелага Северная Земля) и Восточную (восточнее архипелага Северная земля), см. рис. 1. Западная часть развивается интенсивнее, чем Восточная, в виду наличия уже построенной инфраструктуры. Большая концентрации нефте-газоконденсатных месторождений также способствует повышенному интересу к этим районам. Именно в Печорском, Баренцевом и Карском морях сосредоточены 88,2% начальных суммарных ресурсов углеводородов. Также немаловажным фактором является течение Гольфстрим, обуславливающее более мягкий климат и наличие незамерзающих портов.

В восточной части преобладает концентрация твёрдых полезных ископаемых на материковой части, что усложняет их добычу в виду удалённости существующей инфраструктуры. Отсутствие железнодорожной сети, малое количество морских портов, трудный рельеф, суровый климат основные ограничивающие факторы развития. Именно в этих районах содействие со стороны государства является определяющим фактором для появления новых минерально-сырьевых центров.

При разработке месторождений в России действует система многоуровневого принятия решения о финансировании проекта [1, 2]. Инвесторами зачастую выступают компании, имеющие в составе учредителей Государство, а как следствие преференции при получении различных субсидий. Принятие решения о финансировании происходит длительное время,

при этом эффективность принимаемых решений оценивается субъективно. Однако минерально-сырьевая база арктической зоны страны очень велика и могла бы быть привлекательной для большого числа крупных частных инвесторов. На другой чаше весов экономия частного инвестора на надлежащем строительстве внешней инфраструктуры [3].

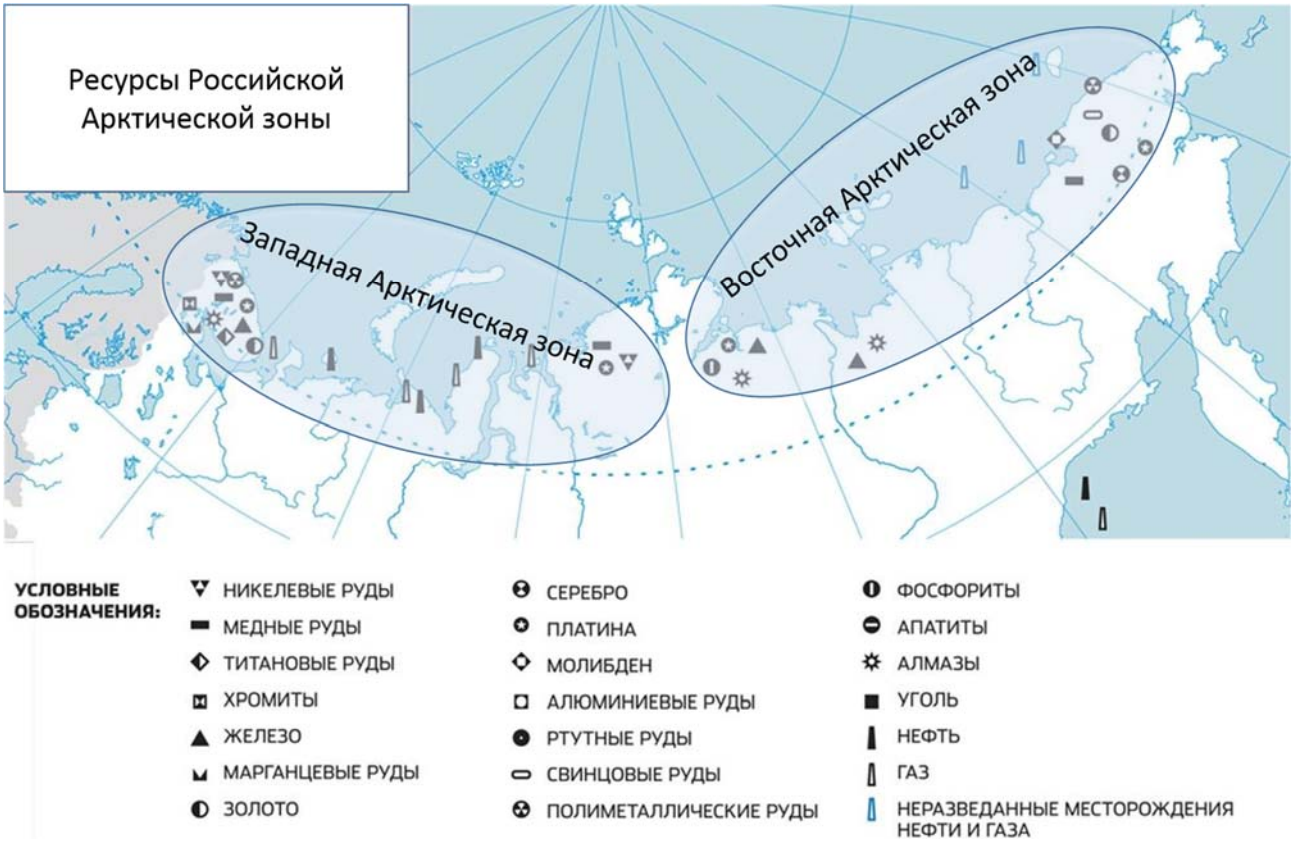


Рис. 1. Ресурсы Российской Арктической зоны

Таблица 1. Формы софинансирования инфраструктурных проектов

Форма	Описание
Концессионное соглашение	Особенности данной организационно-правовой формы: Объект инфраструктуры с самого начала находится в государственной собственности. Земля предоставляется концессионеру в аренду без проведения торгов. Данный механизм эффективен, в случае наличия сторонних пользователей инфраструктуры. В таком случае возможно установление платы за пользование и компенсация понесённых затрат.
Соглашение о государственно-частом партнёрстве	Особенность данной организационно-правовой формы: Объект инфраструктуры по общему правилу является частным, находящимся в собственности частного партнера, но в какой-то момент СГЧП может предусматриваться передача государству. Земля предоставляется частному партнеру в аренду без проведения торгов. Есть возможность заключения СГЧП в рамках «частной инициативы». Варианты с точки зрения платежного механизма: а) «Плата за пользование» – окупаемость инвестиций частного партнера за счет сбора платы пользователей; б) «Бесплатная основа» – окупаемость инвестиций частного партнера – только за счет доходов от основного проекта (разработка месторождения); в) «Бесплатная основа для группы партнёров» – частичная окупаемость инвестиций частного партнера за счет компенсации публичным партнером части расходов частного партнера на создание и (или) эксплуатацию (если большая часть финансирования – из бюджета, то объект инфраструктуры передается в государственную собственность);

	г) «Комбинированный платежный механизм» – окупаемость инвестиций частного партнера частично за счет сбора платы с пользователей, и частично – за счет выплат со стороны публичного партнера.
Государственный контракт по Закону о контрактной системе	Особенность данной организационно-правовой формы: Объект инфраструктуры с самого начала находится в государственной собственности. Доступ на землю для проектирования / строительства предоставляется без проведения торгов. Работы по проектированию и строительству финансируются из государственного бюджета государственного заказчика. Варианты с точки зрения наличия или отсутствия обязательств по содержанию и ремонту объекта инфраструктуры: а) «Контракт жизненного цикла» – 100% расходов на создание и эксплуатацию (содержание и ремонт) выплачиваются за счет федерального бюджета. Выплаты «размазываются» на весь срок действия контракта. Государственный подрядчик осуществляет проектирование, строительство и содержание объекта инфраструктуры. Заключение контракта – в порядке, предусмотренном Законом о контрактной системе, то есть через аукцион; б) Обычный строительный контракт на строительство. При этом, проектирование и строительство в рамках разных государственных контрактов, кроме того процедура заключение государственного контракта – в порядке, предусмотренном Законом о контрактной системе, то есть через аукцион. Однако учитывая, что в настоящее время пока невозможно объединить в контракте КЖЦ стадии проектирования и строительства (они будут предусмотрены отдельными контрактами) – нет гарантии, что: а) Объект инфраструктуры будет построен за государственный счет в нужные для Инвестора сроки. Имеется риск существенных задержек между стадиями проектирования и строительства, и риск, связанный с задержкой сроков строительства; и б) что такой объект инфраструктуры будет соответствовать требованиям, соответствующим потребностям Инвестора. Таким образом, данный вариант организационно-правовой схемы реализации Проекта представляется слишком рискованным для Инвестора.

Софинансирование инфраструктурных проектов Государством даёт возможность сбалансировать возможности инвесторов. Возможные методы со-финансирования представлены в табл. 1.

Внедрение института софинансирования инвестпроектов позволит значительно повысить шансы на положительное решение о начале разработки месторождений, снизить нагрузку на предприятие, сделать финансовые модели более привлекательными.

Наиболее динамично развивающейся формой является заключение концессионных соглашений. В настоящий момент по такой форме успешно реализуются крупные автодорожные проекты. Развитие правовых основ регулирования механизма концессии вовлечёт новых участников в освоение севера.

Для проектов в Западной арктической зоне наибольший интерес представляет со-финансирование объектов портовой инфраструктуры для обеспечения надлежащего функционирования шельфовых месторождений. Предприятия работающие в этом районе обладают большими финансовыми возможностями и уже сформированными программами развития. На сегодняшний день со стороны Государства предпринимаются реальные шаги по развитию Западных арктических территорий: восстанавливаются полярные станции; возобновлено строительство портов; строятся новые ледоколы; разработана концепция создания контейнеровозов для круглогодичной навигации в условиях Северного морского пути. Большая часть этих проектов реализуется непосредственно без применения различных форм ГЧП.

В Восточной части арктической зоны проекты развиваются значительно медленнее. Компании, занимающиеся добычей твёрдых полезных ископаемых, гораздо меньше предприятий, работающих в нефтегазовом комплексе. Доля затрат на внешнюю инфраструктуру на порядки выше. В этой связи, применение рассмотренных форм

софинансирования инвестпроектов является ключевым фактором для дальнейшего развития. Со стороны Государства также должны оказываться дополнительные методы экономического стимулирования инвесторов. Выдача государственных гарантий инвестору на привлечение заёмных средств, предоставление налоговых и прочих льгот должно укрепить интерес компаний к работе в сложных географических условиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 21.07.2005 N 115-ФЗ "О концессионных соглашениях".

2. Федеральный закон от 13.07.2015 № 224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

3. «Минерально-сырьевые ресурсы арктической окраины России и перспективы их освоения». В.Д. Каминский, О.И. Супруненко, А.Н. Смирнов.

УДК 330.1

А.А. Паевская, М.В. Афанасьев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ КОМПАНИЙ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Введение. На современном этапе развития общества интеллектуальный капитал становится ключевым ресурсом, используемым для повышения конкурентоспособности компании. Уровень интеллектуального капитала (ИК) и его эффективное использование предопределяют успех компании на рынке товаров и услуг. Инвестиции в человеческий капитал способны дать в 5–6 раз больший долгосрочный эффект, чем инвестиции в товарное производство [1].

Актуальность обусловлена развитием и возрастанием в современном обществе значимости «нематериальной» составляющей активов компаний, когда инновационность является ключевым фактором для их финансового обеспечения государством и получения преференций для осуществления коммерческой деятельности. Предметом исследования является интеллектуальный капитал, объектом исследования выступает нефтегазовая отрасль, представленная крупнейшими российскими и зарубежными компаниями: ПАО «Газпром», ПАО «НК „Роснефть“», ПАО «ЛУКОЙЛ», British Petroleum», «Royal Dutch Shell», «Sinopec Corp».

Цели и задачи работы. Цель исследования заключается в оценке интеллектуального капитала методом интеллектуальной добавленной стоимости А.Пулика (VAIC). Поставленная цель определила необходимость решить следующую задачу: провести практическую оценку измерения интеллектуального капитала компаний нефтегазового сектора.

Модель VAIC (Value-Added Intellectual Coefficient) предназначена для измерения компаниями вклада в добавленную стоимость, с одной стороны, материальных активов, а с другой стороны, нематериальных активов [2]. Чем лучше компания использует потенциал, тем выше интеллектуальный коэффициент добавленной стоимости данной компании. Чем больше значение VAIC, тем выше оценивается потенциал компании, её способность создавать добавленную стоимость. Данные для расчёта VAIC берутся из бухгалтерской отчётности компаний. Принято считать, что коэффициент должен находиться в пределах от 2 до 15 [3]:

$$\mathrm{VAIC} = \mathrm{ICE} + \mathrm{CEE},$$

где ICE (intellectual capital efficiency) = HCE (человеческий капитал) + SCE (структурный капитал); CEE (Capital Employed Efficiency) = VA (добавленная стоимость) / CE (величина собственного капитала)

В работе представлена динамика изменения коэффициента для исследуемых компаний в период с 2011 по 2016 гг. (см. табл. 1). Динамика оценки измерения интеллектуального капитала представлена на рис. 1 и 2.

Таблица 1. Динамика изменения коэффициента VAIC исследуемых компаний

Компания/год	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*Среднее*
ПАО «Газпром»	7,67	6,83	6,07	5,8	5,5	4,38	**6,041**
ПАО «НК «Роснефть»	6,62	5	4,85	4,38	4,6	4,2	**4,941**
ПАО «ЛУКОЙЛ»	2,43	2,48	2,4	2,45	3,67	3,68	**2,851**
Sinopec Corp	4,95	3,3	3,9	3,4	2,5	2,9	**3,491**
British Petroleum	3,9	2,4	3,5	1,5	3,8	5	**3,35**
Royal Dutch Shell	3,97	4,58	2,6	2,46	1,3	1,58	**2,748**

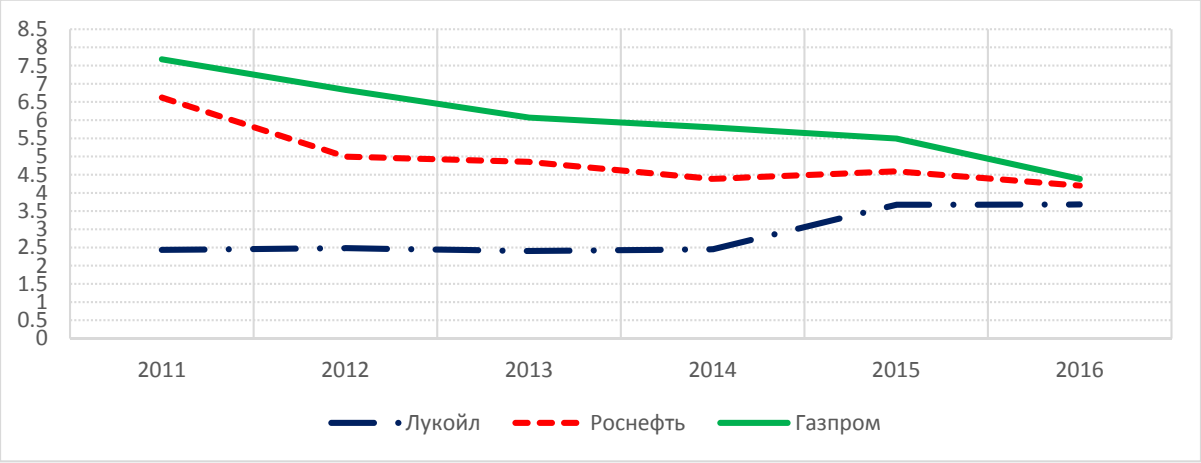


Рис. 1. VAIC в российских компаниях нефтегазовой отрасли

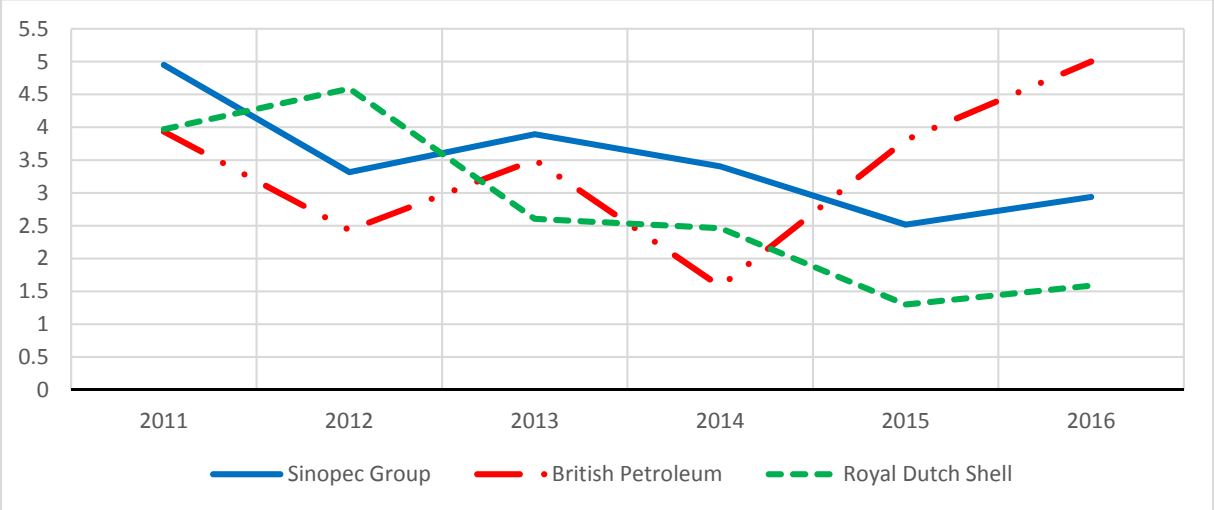


Рис. 2. VAIC в зарубежных компаниях нефтегазовой отрасли

Проанализировав динамику коэффициента добавленной стоимости интеллектуального капитала, можно сделать вывод, что для ПАО «Газпром» показатель оказался выше, чем в двух других исследуемых компаниях. Несмотря на это, в шестилетней динамике он демонстрирует снижение на 3,29 пунктов. Изучив структуру коэффициента VAIC в компании ПАО «Газпром»

можно заметить, что наиболее значительный вклад в суммарный показатель оказывает человеческий капитал. Фактически данный показатель является и основной причиной ИК.

В компании ПАО «НК «Роснефть» наблюдается противоположная тенденция- за четыре года добавленная стоимость компании возросла на 85,5%. Также увеличивались затраты на оплату труда сотрудников, за шесть лет увеличение составило 183%. Данная зависимость подтверждает, что компания имеет высокую мотивационную составляющую в оплате труда работников. В связи с этим и наблюдается рост показателя эффективности человеческого капитала.

В компании ПАО «ЛУКОЙЛ» наблюдается стабильное ежегодное увеличения показателя. Затраты на оплату труда в этот период увеличились на 119%. Добавленная стоимость аналогично имела тенденцию роста и за шесть лет показатель увеличился на 97%.

Исследуя динамику коэффициента международных компаний, можно сделать вывод о том, что все компании демонстрируют уменьшение коэффициента добавленной стоимости интеллектуального капитала. Основной вклад в эту тенденцию обеспечивает уменьшение величины человеческого капитала во всех трех анализируемых компаниях, значение которого активно начало снижаться с 2012 года. Помимо этого также наблюдается стремительное снижение добавленной величины стоимости во всех трех компаниях. Именно эти показатели оказали наибольшее влияние на коэффициент VAIC.

На основе проведенного исследования среди шести компаний можно выявить общую зависимость:

- наибольшее влияние на значение VAIC оказывает эффективность использования человеческого капитала;
- эффективность структурного капитала у компаний снижается параллельно величине человеческого капитала, что также объясняется использованием в его расчетах величины добавленной стоимости компаний;
- по динамике эффективности инвестиционного капитала компаний можно установить, что стоимость зарубежных компаний снижается с невысокой волатильностью, в год происходит уменьшение на несколько пунктов.

Выводы. Интеллектуальный капитал российских компаний в исследованном временном периоде в среднем выше, чем в зарубежных. В первую очередь, это связано с человеческим капиталом. Исследования интеллектуального коэффициента добавленной стоимости (VAIC) показали, что данный показатель у компаний находится в пределах нормы, но демонстрирует тенденцию к снижению, значения коэффициента в зарубежных компаниях характеризуются большей стабильностью, т.е. менее подвержены конъюнктурным колебаниям. Решающий вклад в величину и эффективность использования интеллектуального капитала компаний дает человеческий капитал, это очень важно для менеджмента российских компаний, поскольку для дальнейшего повышения интеллектуального капитала необходимо уделять достаточное внимание совершенствованию человеческого капитала.

Интеллектуальный капитал помогает компании увеличить ее стоимость, повысить конкурентоспособность за счет внедрения новейших разработок, а также успешно развиваться [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Stahle, P., Stahle, S., Aho, S. Value Added Intellectual Coefficient (VAIC): A Critical Analysis // Journal of Intellectual Capital. – 2011. – № 12. – С. 531–551.

2. Pulic, A. VAIC – An Accounting Tool for IC Management // International Journal of Technology Management. – 2000. – № 20. – С. 702.

3. Овчинникова Т.И., Дмитриева Л.Н. Роль интеллектуального капитала в развитии инноваций // Современная экономика: проблемы и решения. – 2013. – № 37. – С. 194.

4. Быкова А.А., Молодчик М.А. Влияние интеллектуального капитала на результаты деятельности компании // Вестник Санкт-Петербургского университета». – 2011. – № 1. – С. 29–55.

УДК 338.48

А.Е. Яцева, В.Г. Карпова, Т.А. Сизова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В ПРОВИНЦИАЛЬНЫХ ГОРОДАХ: ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРАКТИКИ

В настоящее время туризм и путешествия занимают важные позиции в жизни людей. Эти понятия неразрывно связаны между собой, они описывают определенный вид деятельности человека. Туризм становится все более популярным и доступным благодаря таким вещам, как: couchsurfing, бонусные акции авиакомпаний, автостоп и т.д. [1].

Существует ряд факторов и условий, которые необходимы для того, чтобы туризм мог развиваться и быть жизнеспособным в данной стране и соответствующем городе. Самые основные это, конечно же, географические факторы, еще влияют экономические, политические, социал-демографические и культурно-исторические. Привлекательность мест отдыха определяется в первую очередь этими факторами.

К сожалению, маленькие города не всегда могут соответствовать условиям, которые вытекают из данных факторов. Люди просто недостаточно информированы о том, что во многих других городах, помимо современных туристических центров, тоже активно развивается туризм и туда тоже можно и даже нужно ехать отдыхать. Особенно актуальна эта проблема для Российской Федерации в связи с текущей экономической и политической ситуациями. Но это касается не только нашей страны. «Domestictravel» один из путей развития экономики и поднятия культурного уровня страны [2–4].

Цель работы: изучить факторы и условия стимулирования развития туризма в провинции, основывая на зарубежных и отечественных практиках, обосновать привлекательность провинциальных городов для туристов.

Задачи работы:

1. Ознакомиться с современными развивающимися туристическими городами.
2. Изучить факторы и условия развития туризма.
3. Сравнить зарубежные и отечественные практики.
4. Выявить особенные черты, которые могу притягивать туристов.
5. Определить пути развития провинциального туризма.

В ходе работы были использованы следующие методы: общенаучные- анализ, синтез, дедукция; метод маркетинговых исследований – анализ контента.

Туристская деятельность признана одной из приоритетных отраслей экономики в России. Целевые программы развития туризма в Российской Федерации признаны стимулировать процесс становления современных рыночных отношений в сфере туризма, создания базы для развития конкурентоспособного туристского кластера, увеличения количества рабочих мест, сохранения и безопасного использования культурных и природных ресурсов, оздоровления экономической обстановки, привлечения дополнительных инвестиций в сферу туризма. Наряду с мерами стимулирования туризма внутри страны должна использоваться туристская пропаганда со стороны государства. Общая цель туристской пропаганды – установление двухстороннего общения для выявления общих представлений или общих интересов, а также достижение взаимопонимания, основанного на правде, знании и полной информированности. Это актуально не только для нашей страны, но также и для зарубежья. Также не стоит забывать о современных экономических и политических условиях, которые связаны с невозможностью отдыха в популярных зарубежных странах и неконтролируемым снижением валютного курса. Они актуализируют поиск наиболее эффективных средств развития внутреннего туризма, позволяющих в краткосрочной перспективе увеличить туристский поток путешествующих внутри страны.

Теперь необходимо обратиться к примерам.

На сегодняшний момент на территории Российской федерации насчитывается около 700 малых городов. Но, к сожалению, привлекают туристов единицы. В Ассоциацию малых туристских городов, например, входят всего восемь членов: Азов, Дмитров, Елабуга, Кунгур, Мышкин, Суздаль, Тобольск и Углич.

Мы решили углубиться и посмотреть какие города, помимо «Золотого кольца», на карте нашего государства являются потенциально привлекательными для туристов. Мы составили список из нескольких городов, чтобы на их примере доказать, что каждый город обладает своей изюминкой, главное правильно это подчеркнуть.

Хочется начать с необычного города, который даже в пол века назад не значился на картах. Мы говорим о городе Саров – город, которого «нет». У этого города очень необычная история. Вряд ли найдется много мест, где бы существовали рядом крупный научно-технический центр, в котором был воплощен в жизнь один из самых дерзких технических проектов XX века, и наиболее почитаемая православная святыня – место молитвенного подвига Серафима Саровского.

Город противоречие. Несмотря на то, что место считается святой землей, землей, где хранились мощи Серафима Саровского, здесь был построен Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ). Ради Атомного проекта в свое время и строился город. Так вот, объекты, или как здесь говорят, площадки, разбросаны на территории 373 гектара. Это зарытый город, что не может не подогревать интерес. Он может заинтересовать как минимум два контингента населения. Во- первых здесь, в Саровской Пустыни, о. Серафим и творил свой великий духовный, молитвенный и трудовой подвиг. Во- вторых это место будет интересно любителям истории, т.к. это бывший очень крупный ядерный центр, большая часть по разработке ядерной бомбы происходила именно там. В документах фигурировал как Арзамас-16.

Не менее интерес город Великие Луки. Здесь каждый год проходит фестиваль воздухоплавания. Это зрелище не многим может уступить по своей красоте. В небо взмывают десятки аэростатов, которые меняя высоту полета, пролетают над городом и его окрестностями. Горожане уже привыкли к этой феерии, а на туристов, небо, заполненное большими воздушными шарами, производит неизгладимое впечатление. Каждый год население Великих Лук на эту праздничную неделю увеличивается чуть ли не вдвое, потому что из всех мест отдыха в России, поехать сюда – очень правильное решение.

Мы считаем, каждый знаком с творчеством Левитана, по крайне мере все знают, что это великолепный художник своего времени. Но не многие могут узнать места, откуда срисованы его знаменитейшие картины, в частности березовые рощи. Речь идет о небольшом городе Плёсе. Помимо этого, город один из успешных туристических брендов. Через него проходят два важнейших в европейской части страны туристских маршрута – «Золотое Кольцо России» и круизные маршруты «Большая Волга». Но не многие знают, что рядом находится прекрасный город, который способен привлечь активного туриста. В Юрьевце развиваем четыре направления. Первое – это, безусловно, зимняя рыбалка, которая пользуется большой популярностью». Второе – это парусный спорт, в Юрьевце уже несколько лет проводим этап Кубка России по парусной регате. И последнее – это развитие уникального места в Юрьевце – Осаповых островов, с каждым годом они становятся всё популярнее.

Заключительным провинциальным городом со своей изюминкой, которые потенциально способны при правильной рекламе привлечь своего туриста, является город Осташков, а именно озеро Селигер, которое находится в его окрестностях. Озеро Селигер площадью 260 квадратных километров – это единая система из 24 плесов и озер, соединенных проливами. Из них почти 70 кв. км под островами. Самый большой остров Селигера – Хачин – памятник природы. На самом острове прекрасные хвойные леса и целая система глубоких озер. Еще

один памятник природы озерного края – Оковецкий лес. Оковской лес – «лес рек». Три великих реки берут здесь начало: Волга, Западная Двина и Днепр. Главной из достопримечательностей, мимо которой вы, естественно, не пройдёте, – неповторимая природа озера Селигер. Ведь не зря именно здесь каждый год Путин участвует в крещенских купаниях.

Теперь для сравнения нам необходимо обратиться к зарубежным городам, чтобы выяснить как их провинции привлекают туристов. Использую различные источники мы выявили несколько наиболее интересных примеров небольших туристических городов.

Самое веселое кладбище мира под названием Чимитирул-Весел находится в деревеньке Сэпынца (Румыния). Тут принято на ярко-синих надгробиях изображать в карикатурном стиле, чем занимался умерший при жизни.

Если на старых могилах появляются в основном женщины с прялками и косари, то сейчас можно увидеть барменов, автомехаников, химиков. Сопровождаются не менее веселыми стишками.

Кархендж – довольно точная копия того самого Стоунхенджа, не считая того, что построен он из старых автомобилей, покрытых краской. Его создатель – автомеханик Джим Реиндерс, который соорудил такой вот мемориал в память об отце.

Наверное, именно так выглядит Стоунхендж постапокалиптического мира. Расположена достопримечательность в штате Небраска.

Сатирическая скульптура Чиновничья Фемида установлена в Дании. Ее автор – Йенс Галшиот – таким образом хотел высказаться о сложившейся в современном мире ситуации классового неравенства, чиновничьего произвола и обогащения бюрократов за счет обездоленных людей. Многие приводят и немного другое толкование, более глобальное: располневшая фигура символизирует правосудие – богатые индустриальные государства, а худой изможденный человек африканского происхождения – бедные страны, за счет которых обогащаются первые. Надпись на табличке "Я сижу на его спине и делаю многое, чтобы помочь этому бедняге, но не слезу с его спины".

Криково, муниципия Кишинёв/Молдавия славится своими винами, а её винные подвалы – места настолько уникальные и масштабные, что порою превращаются в целые города. Самыми знаменитыми из них являются Криково и Малые Милешты. Городами их называют неспроста: там есть улицы и дороги, в том числе автомобильные, светофоры, указатели и трубы-винопроводы. Только вместо домов – гигантские винные бочки. Чтобы не заблудиться, здесь лучше использовать карту. На ней вы сможете увидеть проспект Шампанского, бульвар Шардоне, улицу Каберне. Есть здесь и заводы, и музей. Вина можно пробовать и приобретать. Стоимость некоторых коллекционных напитков с выдержкой до 100 лет достигает нескольких десятков тысяч долларов. Винный город Криково поражает масштабами и качеством продукции даже французов, которые, как известно, знают о вине всё.

Можно привести множество примеров того, что звёзды бывают не только на небе, но и на земле. Один из таких примеров находится в прекрасной стране Нидерланды, провинции Гронинген. Это удивительное сооружение – форт Bourtange. С высоты птичьего полета на него открывается чудесный вид и только так можно увидеть всю прелесть этого необыкновенного зрелища. Он был построен в 1593 году по распоряжению Вильгельма I Оранского (Молчаливого) для контроля единственной дороги между Германией и Гронингемом во время Восьмидесятилетней войны. Свою необычную форму он получил из-за распространенной в шестнадцатом веке в Италии новой инженерной идеи для более эффективной защиты строений от пушечных атак, ставших действенным оружием против крепостных стен старого типа (округлой формы).

Обобщая вышесказанное, можно сказать, что туризм в маленьких городах развивается очень стремительно. Как у нас в стране, так и за рубежом провинции пытаются как-то выделить свою особенность, с помощью которой они могли бы привлечь туристов и развивать

свой муниципалитет. Так же, основываясь на этих данных, мы можем видеть, что люди зачастую недостаточно осведомлены о различных «изюминках» маленьких городов. Это может происходить, к примеру, из-за того, что в близи находится какой-нибудь другой, но достаточно большой и популярный город, который попросту «затмевает» провинцию или же информация о той самой местной «изюминки» просто не выходит за пределы города поскольку люди не знаю, как распространять эту информацию. Исходя из этого, мы пришли к выводу, что в такой ситуации государство не должно оставаться равнодушным к провинциям и помогать в развитии туризма. Ведь так будут вовлечены не только местные путешественники, но и граждане из зарубежья.

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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. 287–29.

2. Козлова Н.А. Образовательный туризм в России как драйвер развития внутреннего туризма. Вестник Национальной академии туризма. 2017. № 1 (41). С. 13–15.

3. Козлова Н.А. Методологические подходы к формированию лояльности клиентов услуг международного образовательного туризма. Статья. Вестник Национальной академии туризма. 2014. № 2. С. 282.

4. Козлова Н.А. Проблемы применения терминологии в индустрии международного образовательного туризма. Статья. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2008. № 4 (61). С. 289–294.

УДК 338.012

Л.Н. Гончарова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РФ

Актуальность. На данный момент в рамках реализации стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, а также энергетической стратегии России на период до 2030 года пристальное внимание уделено вопросам инновационного развития на уровнях государственного регулирования, территориальных образований и отдельных предприятий.

В связи с этим все более остро обсуждается вопрос внедрения и реализации инновационных проектов в области электроэнергетики страны. Именно данный сектор вызывает наибольший интерес ввиду того, что он является базовой отраслью экономики, формирующей необходимые условия для функционирования производительных сил и жизни населения. Надежное и эффективное функционирование электроэнергетики, бесперебойное снабжение потребителей является основой развития экономики и обеспечения комфортных условий жизни ее граждан [1].

Согласно данным доклада Минэнерго России по итогам работы топливно-энергетического комплекса в 2012–2017 гг. электроэнергетика РФ на 2017 год занимает 4 место в мировой практике по выработке электроэнергии, что говорит о приоритетности и важности рассмотрения вопроса развития данного направления.

В текущих условиях актуальной является задача оценки эффективности инновационных проектов, направленных на повышение инновационного потенциала отрасли и страны в целом.

Методы исследования. Автором произведен обзор характерных особенностей инновационных проектов, а также проанализированы современные подходы к оценке проектов. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что для качественной оценки инновационных проектов рекомендуется применение комплексного подхода.

Цель и задачи исследования. Цель исследования состоит в анализе современных методов оценки эффективности инновационных проектов в электроэнергетике и расширение методологии оценки при помощи интегрального показателя эффективности. Задачи исследования включают в себя определение отличительных особенностей инновационных проектов от инвестиционных, обзор традиционных методик оценки эффективности инновационных проектов, а также предложение интегрального показателя, как наиболее точного метода оценки.

Результаты исследования. В рамках прогноза научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года определены наиболее приоритетные направления инновационного развития в электроэнергетической отрасли:

1. Концепции Smart Grid и «Энерджинет».
2. Внедрение систем «цифровых подстанций».
3. Применение новых конструкционных материалов.
4. Разработка материалов и технологий для проводов.
5. Высокотемпературная сверхпроводимость.
6. Внедрение новых типов оборудования.

Рассматривая вопрос оценки эффективности инновационных проектов в электроэнергетике, необходимо учитывать их специфические отраслевые особенности: ключевой драйвер развития сектора экономики страны; стратегический статус отрасли; научно-технологическая специфика проектов; долгосрочный возврат капиталовложений; необходимость постоянной поддержки энергоснабжения потребителей; курс на снижение потерь при генерации и передаче электроэнергии; применение уникальных ресурсов, приборов и т.д.

В данных условиях актуальной является задача проведения качественной и многогранной оценки эффективности инновационных проектов.

Необходимость проведения оценки возникает в следующих случаях:

1. При рассмотрении множества инновационных проектов необходимо расставить приоритеты их финансирования.
2. На начальной стадии при рассмотрении нескольких альтернативных проектов необходимо выбрать наиболее эффективный из них.
3. На заключительной стадии анализируется результативность принятого к реализации инновационного проекта.

Следует отметить, что от качества проведенной оценки проекта зависят сроки возврата инвестиций, а также размер прибыли.

Инновационный проект представляет собой сложную систему взаимообусловленных и взаимоувязанных по ресурсам, срокам и исполнителям мероприятий, направленных на достижение конкретных целей и задач на приоритетных направлениях развития науки и техники [2].

Инновационный проект является частным случаем инвестиционного и, в общем случае, процедура оценки эффективности инноваций осложнена факторами, свойственным непосредственно инновационным проектам: высокая степень неопределенности параметров проекта и отраслевых рисков; долгосрочные периоды реализации; вовлечение узкоспециализированных специалистов; вероятность получения ценных промежуточных результатов; высокий потенциальный результат; необходимость дополнительной экономической оценки и отбора проектов; вовлечение уникальных ресурсов [3].

На текущий момент для оценки эффективности инновационного проекта наибольшее распространение получили следующие методы [3–5]: метод расчета индекса доходности инвестиций (PI); метод расчета чистой текущей стоимости проекта (NPV); метод расчета внутренней нормы доходности проекта (IRR); метод расчета дисконтированного периода окупаемости проекта (DPBP); метод сценариев; метод построения дерева решений.

Указанные методы не охватывают все возможные варианты развития проекта, они позволяют провести относительно одностороннюю оценку без учета влияния специфических особенностей отрасли, а также многокритериальной природы инноваций. Результаты оценки с использованием вышеуказанных методов не являются достоверными, а в отдельных случаях могут становиться противоречивыми. Таким образом, данные подходы не позволяют качественно оценить эффективность инновационного проекта [6].

В связи с этим, на основании проведенного анализа автором сделан вывод о том, что в рамках полноценной оценки эффективности инновационных проектов в электроэнергетике возможно совместное использование комплекса существующих традиционных методик, применение так называемого интегрального показателя эффективности. Данный показатель является инструментом, позволяющим расставить приоритеты при рассмотрении множества инновационных проектов и выбрать наиболее привлекательный для инвестирования [7].

Начальный этап проведения оценки эффективности проекта подразумевает определение и оценку значимости ключевых оценочных показателей с присвоением ранговых номеров экспертной комиссией, специализирующейся на профиле проекта (показателю с наивысшей оценкой присваивается ранг 1).

На следующем этапе оценивается средняя степень согласованности мнений экспертной комиссии путем расчета коэффициента конкордации Кендалла.

На заключительном этапе оценочные показатели приводятся к единым единицам измерения для корректных расчетов, рассчитывается их удельный вес и формируется итоговое решение экспертной комиссии об эффективности проекта на основании количественной оценки показателей, вошедших в анализ.

Пример оценки эффективности инновационных проектов в электроэнергетике путем использования интегрального оценочного показателя представлен в табл. 1.

На основании проведенных расчетов использование интегрального показателя эффективности позволило расставить приоритеты инвестирования рассматриваемых инновационных проектов.

Таблица 1. Пример оценки эффективности инновационных проектов в электроэнергетике путем использования интегрального оценочного показателя

№ п/п	Оценочный показатель/№ проекта	1	2	3
1	PI	0,667	0,517	0,581
2	NPV	0,972	0,972	0,817
3	IRR	0,756	0,711	0,726
4	DPBP	0,367	0,417	0,914
5	Вероятность увеличения капитальных затрат	0,350	0,367	0,307
6	Вероятность снижения дохода	0,122	0,200	0,307
7	Вероятность получения ценных промежуточных результатов	0,150	0,083	0,065
8	Эффект от снижения доли потерь электроэнергии при производстве и передаче	0,389	0,333	0,376
9	Экологический эффект	0,089	0,133	0,081
10	**Итого**	**3,861**	**3,733**	**4,172**

Выводы. Для организации рациональной оценки эффективности инновационного проекта в электроэнергетической отрасли РФ автором рекомендуется руководствоваться комплексом современных методов с учетом специфики рассматриваемой отрасли. Данная концепция носит название интегрального показателя эффективности.

Комплексный подход к оценке эффективности позволяет рассматривать различные типы инновационных проектов, учитывать свойственный инновациям высокий риск неопределенности и отсеивать заведомо неэффективные проекты.

Использование интегрального показателя эффективности в рамках оценки инновационных проектов в электроэнергетике РФ способствует реализации инновационной и энергетической политики, а также развитию экономики страны в целом

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инновации в энергетике // Научно-технический Центр «РЕТЭК» – Энергетический инжиниринг. – URL: http://www.ntc-retec.ru/innovatsii-v-energetike (дата обращения: 03.09.2018).

2. Фатхутдинов Р.А. Ф27 Инновационный менеджмент: учебник для вузов. 6-е изд. – СПб.: Питер, 2011. – 448 с.

3. Скворцова И.В. Инновационный менеджмент: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 260 с.

4. Брежнева И.Б., Байчоров А.Р. Оценка эффективности инновационных проектов в энергетике // Наука. Инновации. Технологии. 2010. № 70. С. 116–123.

5. Шишкина Н.А. Методические основы оценки инновационных проектов: роль и значение для инновационной деятельности // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 9. С. 37–41.

6. Летягина Е.Н. Особенности оценки экономической эффективности внедрения инноваций в энергетику // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 3. С. 520–522.

7. M. Ravelomanantsoa, Y. Ducq, B. Vallespir State of the art and generic framework for performance indicator system methods // IFAC PapersOnLine. 2018. № 51-11. C. 544–549.

УДК 338.22

С.Г. Ананьева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ФИНАНСОВОГО КОНТРОЛЯ И ВНУТРЕННЕГО ФИНАНСОВОГО АУДИТА В ГОСУДАРСТВЕННОМ СЕКТОРЕ

Актуальность. В условиях, связанных с санкциями в отношении России, актуальной остается задача рационального и эффективного использования ограниченных финансовых и материальных ресурсов обеспечения органов государственного (муниципального) управления и их подведомственных учреждений, максимально эффективного выполнения предписанных функций по достижению высокого качества услуг, предоставляемых обществу и гражданам Российской Федерации.

Свои труды по исследованию вопросов внутреннего контроля и внутреннего аудита посвятили Ю.Ю. Кочинев, Н.А. Лосева, В.Ф. Массарыгина, А.С. Некрасов, И.А. Роженцова, Е.В. Старовойтова, Е.Л. Молодцова, С.П. Суворова, Н.В. Парушина, Е.В. Галкина, М.Н. Толчинская, Э.Н. Гаврилова, Я.И. Устинова и другие авторы. Однако, несмотря на значительные достижения ученых в этой области, до сих пор остается много нерешенных вопросов, которые связаны с организацией внутреннего контроля и аудита в государственном секторе.

Целью настоящей статьи является исследование текущего состояния, проблем и перспектив внедрения эффективной системы внутреннего контроля и внутреннего аудита в государственном секторе.

Задачи научного изыскания: рассмотреть теоретические основы внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита в государственном секторе, раскрыть имеющиеся в этой сфере проблемы, предложить подходы к их решению, показать перспективы развития.

Методы исследования. В статье использовались общенаучные методы познания: системный подход, логическое обобщение, анализ и синтез.

Результаты. В процессе исследования выявлены основные проблемы в организации системы внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита в государственном секторе, намечены пути их решения.

В целях создания эффективной системы внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита необходим комплексный подход, включающий не только разработку законодательной базы и методического обеспечения, но и подготовку специалистов в области внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита в государственном секторе в современных условиях.

Значительное изменение в подходах к управлению в государственном секторе, возможность применения современных информационных технологий, тенденции развития контрольной деятельности в сторону смещения акцента на предварительный и текущий контроль свидетельствуют о необходимости внедрения системы внутреннего контроля и внутреннего аудита с регулярной оценкой и мониторингом рисков, препятствующих достижению намеченных целей. Именно на систему этого контроля ложится основная нагрузка в части соблюдения субъектом проверки законодательных нормативно-правовых актов, регламентирующих деятельность организаций и ведомств, своевременного выявления и предупреждения рисков. Она позволяет оценивать результаты деятельности структурных подразделений и должностных лиц, ответственных за решение поставленных задач, а также проводить мониторинг эффективности бюджетных расходов.

Внутренний контроль должен осуществляться на всех уровнях управления государственным учреждением. Действующая в настоящее время в бюджетной сфере система внутреннего контроля фиксирует лишь факт нарушения и не дает обоснованного ответа на вопросы: о предупреждении нарушения; обеспечении целевого использования бюджетных средств, повышении эффективности их расходования [1].

Необходимо отметить, что главным инструментом внутреннего финансового аудита в современных условиях является концепция риск-ориентированного контроля. Именно этот инструмент позволяет отделить в ходе проверки случайную ошибку работника от отсутствия или нарушения контроля и процессов. Выявление недостатков или нарушений может являться риском более глобальной проблемы, связанной с отсутствием или неправильной работой контроля, и этот риск требует глубокого анализа причин и понимания процесса [2–4].

Зарубежной и российской практикой подтверждено, что гибкость и быстрота реакции на изменения среды и большая эффективность являются основными преимуществами риск-ориентированного контроля по сравнению с ревизионным контролем [5, 6].

Таким образом, внутренний финансовый контроль и внутренний финансовый аудит должны быть встроены в структуру организации для образования единой функциональной системы.

Определяющую роль в обеспечении действенного внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита призвана сыграть эффективная кадровая политика, направленная на развитие навыков и компетенций внутренних контролеров.

Практика организации системы внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита позволяет сделать вывод о том, что большинство нарушений, выявляемых в ходе контрольных мероприятий, относится к человеческому фактору и контрольной среде. В одном случае сотрудники боятся сделать ошибку и стараются выполнять свои функции по минимуму, скрывают результаты проведенного внутреннего контроля. В другом – отсутствие

четкого определения и закрепления полномочий и ответственности за ними. Это в свою очередь снижает объективную оценку адекватности и результативности системы внутреннего финансового контроля, не позволяет определить оперативность реагирования на все проблемы, выявляемые в ходе осуществления внутреннего контроля [7].

Таким образом, необходимым элементом выполнения поставленных задач и достижения целей является закрепление за специалистами полномочий и персональной ответственности, а также заинтересованность в ней сотрудников, призванных обеспечить эффективную работу системы внутреннего финансового контроля. Вопрос совершенствования внутреннего финансового контроля непосредственным образом затрагивает проблему повышения квалификации специалистов ведомства и его структурных подразделений. Та форма обучения, которая существует сегодня, очевидно, недостаточна. Программы обучения носят скорее теоретический, чем практический характер.

В 2015 году Министерством труда и социальной защиты РФ были утверждены Профессиональные стандарты:

- «Специалист по внутреннему контролю (внутренний контролер)» – приказом от 28.04.2015 №236н [8];

- «Внутренний аудитор» – приказом от 24.06.2015 № 398н [9].

Оба стандарта имеют типовую структуру, во всех стандартах говорится о том, какими компетенциями и знаниями должен обладать тот или иной сотрудник, занимающий определенную должность. Стандарты должны сформировать представление о том, какие обязанности подразумевает та или иная работа, призваны помочь экономическим субъектам на более качественном уровне организовать такие направления деятельности, как внутренний финансовый контроль и внутренний финансовый аудит, в том числе, и в государственном секторе, учитывая особенности его деятельности.

Исходя из существования двух Профессиональных стандартов, с одной стороны, следует, что у экономического субъекта должно быть две службы: служба внутреннего контроля и служба внутреннего аудита. С другой стороны, такая ситуация вносит путаницу как в организацию внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита, так и в методику их осуществления.

В этой связи возможно несколько вариантов решения данных проблем.

1. Оставить один Профессиональный стандарт – «Специалист по внутреннему контролю (внутренний контролер)», так как необходимость осуществления внутреннего контроля закреплена на законодательном уровне (ст. 19 Закона о бухгалтерском учете).

2. Разделить функции внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита, оставив первым контроль текущей деятельности экономического субъекта (как фактов хозяйственной жизни, так и бухгалтерской отчетности), а вторым – проверку эффективности системы внутреннего контроля, т.е. непосредственной работы структурного подразделения внутреннего финансового контроля.

3. Внутренний финансовый контроль осуществлять в рамках самоконтроля и контроля по уровням подчиненности и подведомственности (специальное структурное подразделение при этом не формируется), а в рамках внутреннего финансового аудита – специально созданным обособленным структурным подразделением (если это нецелесообразно, то должностным лицом – внутренним аудитором) проводить контроль эффективности, результативности, сохранности активов и соблюдения законодательства Российской Федерации.

При выборе того или иного варианта необходимо внесение соответствующих поправок (помимо Стандартов) в законодательные акты, в первую очередь, в Бюджетный Кодекс РФ, Законы «Об аудиторской деятельности» и «О бухгалтерском учете».

Реализация второго из предложенных вариантов, при котором образуются два структурных подразделения (внутреннего контроля, осуществляющего контроль текущей

деятельности, и внутреннего аудита, проверяющего работу отдела внутреннего контроля), экономически нецелесообразна, так как:

- такой вариант могут позволить себе лишь крупные компании;

- оценкой внутреннего контроля занимаются внешние аудиторы (о чем прямо говорит ФПСАД №8 «Понимание деятельности аудируемого лица, среды, в которой она осуществляется, и оценка рисков существенного искажения аудируемой финансовой (бухгалтерской) отчетности») [10].

При реализации второго варианта имеем налицо дублирование функций и нерациональное использование средств экономического субъекта.

Выводы и значимость. Таким образом, в действующих в настоящее время нормативных правовых актах внутренний финансовый контроль практически полностью идентифицируется с внутренним финансовым аудитом и экономические субъекты могут организовывать либо службу внутреннего контроля, либо службу внутреннего аудита [11].

Кроме того, необходимо уделить должное внимание подготовке специалистов в области осуществления внутреннего аудита в организациях государственного сектора, разработать и внедрить программы обучения, повышения квалификации и переподготовки внутренних аудиторов и специалистов по координации деятельности осуществления внутреннего финансового контроля.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Щелканов В.В. Современные методы организации внутреннего финконтроля в органах власти // Бюджет. 2011. № 3. С. 77.

2. Даниленко Н.И. Теоретико-методологический аспект внутреннего контроля: практика и развитие // Финансы и кредит. 2012. № 22. С. 52–58.

3. Никифорова Е.В., Шумилова И.В. Внутренний аудит в организации: виды, задачи, функции // Аудиторские ведомости. 2006. №7. С. 20–23.

4. Максимов Ю.Ю., Максимов Ю.Н. Аудиторская практика в государственном секторе и государственный контроль // Финансы. 2007. № 11. С. 58–61.

5. Парасоцкая Н.Н. Аудит импорта товаров. Цель, задачи и информационная база аудита // Экономический анализ: теория и практика. 2005. № 14. С. 23–30.

6. Каковкина Т. В. Риск-ориентированный подход в практике внутреннего контроля // Аудит. 2015. № 3. С. 36.

7. Даниленко Н.И. Ведомственный (внутренний) контроль и аудит: теоретический и практический аспекты развития // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. 2015. № 16. С. 26–34.

8. Приказ Минтруда России от 22.04.2015 № 236н «Об утверждении Профессионального стандарта «Специалист по внутреннему контролю (внутренний контролер)» (зарегистрировано в Минюсте России 13.05.2015 № 37271). СПС КонсультантПлюс (дата доступа 20.09.2018).

9. Приказ Минтруда России от 24.06.2015 № 398н «Об утверждении Профессионального стандарта «Внутренний аудитор» (зарегистрировано в Минюсте России 29.07.2015 №38251). СПС КонсультантПлюс (дата доступа 20.09.2018).

10. ФПСАД № 8 «Понимание деятельности аудируемого лица, среды, в которой она осуществляется, и оценка рисков существенного искажения аудируемой финансовой (бухгалтерской) отчетности». СПС КонсультантПлюс (дата доступа 21.09.2018).

11. Егорова И.С. Внутренний контроль и внутренний аудит – проблемы идентификации и практической реализации // Аудитор. 2016. № 11. С. 17–26.

УДК 330.59

А.А. Володин, Д.Н. Леонтьев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О МЕСТЕ НЕРАВЕНСТВА В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ ОБЩЕСТВА

Актуальность. Неравенство среди людей начало существовать на заре человечества, с возникновением первых сообществ, намного раньше появления родоплеменного строя, уже с явно выраженными богатыми вождями племен и их нищими рабами. Ещё в первых общественных организациях блага уже имели степень распределения между его членами, но следует отметить, что при наличии социального начала у наших предков и тесных социальных связях сообществ, слабый индивид всё же практически всегда получал необходимый минимум, который позволял ему жить.

Проблема современного мира, на наш взгляд, заключается не в утрате того самого социального начала, а в уменьшении социальных связей и масштабировании экономического взаимодействия членов социума, а также увеличении необходимых для жизни экономических благ, в результате чего индивиды, принимающие решения о распределении этих благ, не имеют возможности распределять их адресно наиболее нуждающимся. Сегодня усложнение социально-экономических связей приводит ко всё более увеличивающемуся социальному расслоению в обществе, в чем и состоит актуальность рассматриваемого вопроса.

Целями данной работы является выявление причин экономического неравенства, демонстрация экономического эффекта работы механизмов по снижению экономического неравенства, а также поднятие вопросов комплексного подхода в борьбе с неравенством.

Результаты исследования. Исследованием вопросов социума и неравенства в нем занималось крайне большое число людей, причем во многом на данные темы написаны не просто статьи, а целые труды, начиная с учений К. Маркса [1] и В.И. Ленина [2], где неравенство представляется, как следствие отъема у пролетариата и крестьянства общественного блага в виде денежных средств в частности или же активов, в целом. А также их последующая эксплуатация на производствах, где владельцы получают прибыль, являющуюся деньгами, по большому счету, отнятыми у рабочих. Рассмотрением данных вопросов занимался известный советский и российский философ-социолог, доктор социологических наук, профессор А.И. Кравченко в своей работе «Социология». Следует отметить, что это весьма серьёзный труд в научных кругах социологов, в котором существенное место отведено проблемам неравенства и исследованию обществ под этим углом зрения [3]. И всё же на сегодня так и остаётся неразрешенным вопрос о выборе пути преодоления экономического неравенства в рыночной или смешанной экономике.

Если задаваться вопросом о том, можно ли в принципе преодолеть экономическое неравенство, то ответ будет очевиден – такая ситуация возможна только в случае, когда общество перестанет существовать в принципе, но даже тогда более сильным особям будет доставаться больше благ, чем более слабым. Общество, как таковое, не является строго программируемым и четким элементом системы, а академик РАН не может получать такую же зарплату, как уборщик его кабинета, поскольку лица с такими социальными ролями имеют разную ценность для общества.

Следует отметить, что неравенство в принципе начало существовать с появлением первых сообществ намного раньше появления родоплеменного строя, уже с явно выраженными богатыми вождями и нищими рабами. В первых общественных организациях блага уже имели степень распределения между его членами. Так, сильный мужчина получал больше пищи и лучше условия жилья на стоянках, слабый – меньше, но при этом, следует отметить, что при наличии социального начала в наших предках и тесных социальных связях

сообществ слабый всё же практически всегда получал необходимый минимум, который мог позволить ему продолжать жить.

Проблема современного мира, на наш взгляд, заключается не в утрате того самого социального начала, а в уменьшении социальных связей и масштабировании экономического взаимодействия членов социума, а также увеличении необходимых для жизни экономических благ, в результате чего особи принимающие решения о распределении экономических благ не имеют возможности распределять их адресно наиболее нуждающимся. Усложнение социально-экономических связей на сегодня, приводит к всё более увеличивающемуся социальному расслоению.

Для общества в корне неправильно было бы избавляться от экономического неравенства, но сводить его к разумным пределам и делать прозрачными доходы каждого его члена – это наиболее насущная задача государства. На сегодня наиболее эффективно эту задачу решают страны с командно-административным типом экономики, при условии искоренения теневого сектора экономического пространства. Для нашей же страны, где преобладает смешанная (рыночная) экономика, в зависимости от точки зрения, наиболее интересны механизмы нивелирования неравенства для рыночного типа экономики. Разработкой данных механизмов занимаются не только теоретики социально-экономической мысли, но государственные деятели и их аппараты.

Человечество не было равно никогда в принципе. И причиной тому служат как врожденные способности человека, так и возможности его самого или его семьи по воспитанию и образованию. Выделить четкие причины социального неравенства в обществе представляется достаточно проблематично, поскольку от автора к автору они варьируются и всегда находятся обоснования, чтобы добавить или убрать ту или иную. Наиболее обоснованным, как нам показалось, будет выделение групп следующих причин:

1. Различия в стоимости собственности (в основном, это факторы, относящиеся к везению или каким-либо открытиям, как, например, находка залежей природных ресурсов на своей земле).

2. Различия в личных способностях (имеются ввиду физические и умственные способности, а также человеческие качества, которые могут способствовать успешному занятию бизнесом или быстрому продвижению по службе).

3. Различия в образовании, обучении и возможностях (уровень образования и преимущества, открывающиеся перед получившими их людьми).

4. Классовые барьеры возможностей (возможность получения наиболее хорошего и качественного образования, зависящая от благосостояния родителей. Например, возможность направить своего ребенка в Гарвард и оплачивать его обучение).

5. Различия в возрасте и здоровье (абсолютно понятно, что у разных возрастных групп разные возможности трудоустройства, ровно также, как и со здоровьем. Сюда же относятся факторы алко- и наркозависимости) [4].

Следует отметить, что одним из наибольших социальных достижений СССР, помимо сокращения рабочего дня до 8 часов для рабочих (которое, к слову, также существенно повлияло на 5 группу факторов), стала государственная оплата образования. Способные девушки и юноши могли поступать в самые престижные университеты страны, даже если их семья не могла платить ни копейки за их обучение, они всё равно имели возможность получить хорошее образование и занять высокое положение в обществе, что рождало и рождает весьма конкурентную среду в сфере образования и максимально нивелирует 3 группу факторов неравенства в обществе.

И сегодня в Российской Федерации данное достижение социального устройства государства сохраняется, являясь одним из регуляторов экономической жизни населения. В настоящее время государственная политика в этой сфере устроена так, что количество мест на бюджетные специальности технического профиля увеличивается, а гуманитарного профиля –

сокращается. Это дает экономике приток квалифицированных инженерных кадров, на которые есть запрос, недостаточный для саморегулирования в условиях смешанной российской экономики, но необходимый для её развития. При этом следует отметить, что в таких странах, как, например, США, до сих пор 3 фактор неравенства является весьма актуальным и увеличивающим разрыв между богатыми и бедными.

На рис. 1 проиллюстрировано практическое противоречие стремления общества к абсолютному равенству. Если мы представим общие ресурсы общества, как показано на рис. 1, то в типичной рыночной экономике состояние их распределения будет в точке А. Принципиальная проблема попытки равного перераспределения ресурсов общества здесь показана, как нигде наиболее наглядно.

Как только мы начинаем применять механизмы отъема общественного блага у богатых и передачи их бедным наш социум в целом становится беднее. Причин тому несколько, и в основном, они сводятся к общей потере экономической эффективности, ввиду потери интереса граждан к созданию новых предприятий и открытию своего бизнеса, поскольку полученный доход сверх их обыкновенной зарплаты на начальный период времени, будет отнят государством. В результате, при попытке перераспределения общественных благ в сторону беднейшей половины нас ожидает путь по кривой ABZ, который приводит к обеднению общества в целом.

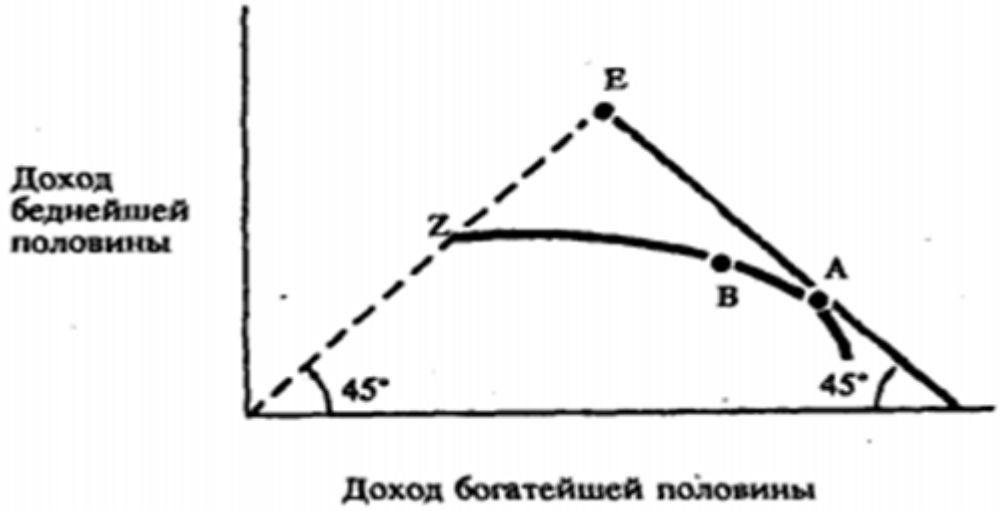


Рис. 1. Перераспределение доходов в ущерб эффективности [4]

Также следует отметить, что кривая ABZ не является окончательной истиной. Умело разработанные программы борьбы с бедностью, предоставления жилищных субсидий, возможностей бесплатного переобучения, гарантия предоставления временного государственного жилья, для лиц, которые не имеют жилья в принципе, могут намного более эффективно работать, чем бездумное повышение налогов и государственных пошлин. При хорошей государственной политике и наличии хладнокровного, стремящегося к удовлетворению коллективных, а не частных интересов госаппарата, данная кривая может весьма близко приблизиться к кривой АЕ, но сделать такое же идеальное перераспределение благ – задача практически невыполнимая, о чем мы достаточно подробно писали ранее [5].

Хотелось бы отметить, что в мире существует множество подходов к рассмотрению вопроса неравенства. Так, например, профессор А.И. Кравченко стратифицирует общество на 3 категории, и, если богатые всегда владеют большинством ресурсов, то люди со средним доходом и бедные – меньшинством, но при этом остаётся вопрос – в каких пропорциях это осуществляется? Он утверждает: «Если неравенство характеризует общество в целом, то бедность касается только части населения, в зависимости от того, насколько высок уровень

экономического развития страны бедность охватывает значительную или незначительную часть населения» [3].

Выводы. В заключение хотелось бы отметить, что государству достаточно сложно лишить богатых их благ и ресурсов, поэтому большинство политик направлены не на реформирование общества в целом, а лишь на так называемую социальную защиту, обстоятельства, при которых общество пытается искоренить или нивелировать бедность, возникающую из-за множества экономических, социальных, правовых и других факторов. Данная политика является наиболее простой и ресурсосберегающей, она требует от государственной власти минимальных реформаторских действий и способностей, ввиду чего очень распространена в мире. К сожалению, она не является особенно эффективной в плане снижения экономического неравенства, борясь лишь с проблемой бедности, как его следствием. Впрочем, и сама бедность тоже является следствием, но не только данной причины, но и ряда других моментов, политика борьбы с которыми у многих стран весьма эффективна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Karl Marx, Das Kapital: from capitalist exploitation to communist revolution, Publisher: Nashville, Tenn, Knowledge Products, 2006.

2. Ленин В. И. Полное собрание сочинений. – 5-е изд., М.: Издательство политической литературы, 1967.

3. Кравченко А.И. Бедность и богатство // Социология 4-е изд., пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – С. 206.

4. Самуэльсон П. Качество жизни: нищета и неравенство, экология и рост, любовь и справедливость // Экономика Т. 2. – М., 1992. – С. 356–377.

5. Володин А.А., Иванов М.В. Проблемы правового регулирования ценовой политики государства в РФ // Материалы научной конференции Неделя Науки СПбПУ. – СПб.: Из-во: СПбПУ. 2016. – С. 533–536.

УДК 378.14

А.Н. Куратова, Е.В. Плотникова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БИЗНЕС-ПЛАТФОРМЫ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ: ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ

Актуальность. Для сохранения постоянного развития фирм и повышения их конкурентоспособности существует потребность во включении различных инновационных процессов в разные сферы общественной жизни: продукты, услуги, бизнес-модели. Стремительное развитие бизнес-платформ и их проникновение в разные отрасли бизнеса и жизнедеятельности может повысить эффективность многих процессов. Образовательная сфера является неотъемлемой частью повышения будущего потенциала любого государства, так как подготовить квалифицированных специалистов внутри страны окажет влияние на макроэкономические показатели. Непрерывность развития информационных технологий идет в ногу с глобальным процессом цифровизации. Ведь сейчас сложно найти человека, который не имел бы смартфона в XXI веке, а наличие такой технологии может быть отличным инструментом в ходе цифровизации образования.

Актуальность выбранной тематики состоит в том, что главный тренд в образовании связан с цифровой революцией, которая приведёт к кардинальному изменению рынка труда, появлению новых компетенций, улучшению кооперации, повышению ответственности граждан, их способности принимать самостоятельные решения, а это, в свою очередь, послужит причиной для последующей реорганизации образовательного процесса [1].

Целью работы является изучить структуру инновационных бизнес-платформ, выявить их преимущества и недостатки, а также оценить какую из платформ выгоднее использовать в образовательных целях.

Результаты исследования. Опыт зарубежных компаний показывает, что наибольший рост рыночной капитализации наблюдается у компаний, которые используют или работают на базе платформ. В качестве примера можно привезти следующие компании: Apple, Alphabet, Microsoft, Amazon. Платформа – один из факторов, который характеризует экономическое развитие предприятия и является его конкурентным преимуществом. Платформенный бизнес тесно соприкасается с мировой технологической революцией, базирующейся на цифровой экономике и на электронных отношениях между людьми и фирмами [2].

Компании Apple, Alphabet, Microsoft довольно разносторонние, но основным для них остается разработка и создание электроники, в частности производство смартфонов. Абсолютным лидером является компания Google, которая активно продает свою операционную систему Android азиатским производителям – 81,7%. Apple не демонстрирует столь блестящих результатов, что объяснимо закрытым кодом информации и невозможностью установки ОС на сторонние гаджеты – 17,9%. Смартфоны от компании Microsoft занимают незначительную долю рынка, поэтому в дальнейшем исследовании принимать участия не будут – 0,4%.

Одним из основных источником дохода компаний являются собственные магазины приложений AppStore и Google Play, где пользователи смартфонов в любой момент могут скачать нужное приложение бесплатно или за деньги. Наполнением продуктами магазинов занимаются свои или сторонние разработчики. На рис. 1 видно, что из года в год количество приложений в магазинах увеличивается. Отметим, что в 2017 году по сравнению с 2016 годом количество приложений в AppStore уменьшилось, что связано с удалением Apple множества приложений и игр, которые являются нежелательными и бесполезными.

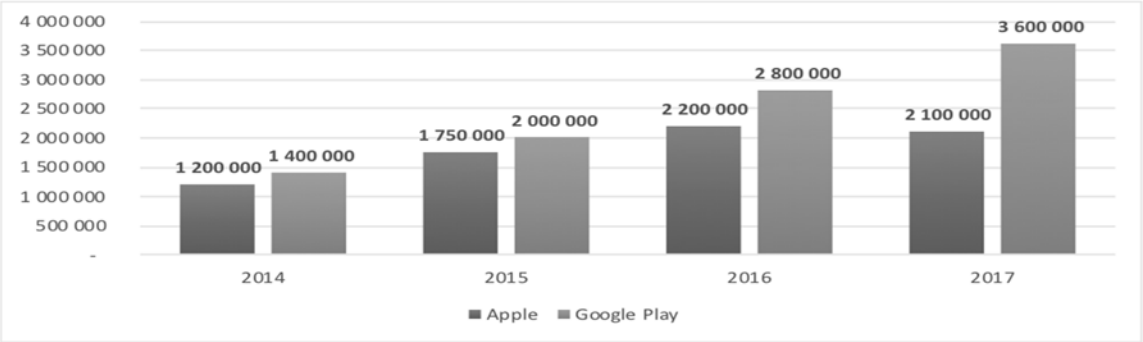


Рис. 1. Общее количество приложений в магазинах

Любое новое приложение или совершенствование уже имеющегося увеличивает ценность платформы для пользователей и позволяет увеличивать приток использующих приложение людей. С ростом пользователей платформы увеличивается емкость рынка и, как следствие, это привлекает новых разработчиков, инвестиции и соответственно, таким образом, обеспечивается рост материальных активов. Учитывая активную конкуренцию на рынке между iOS и Android, проведем их сравнение (табл. 1).

Каждый из магазинов имеет свои преимущества и недостатки, а также имеются общие черты. Статистика по структуре магазинов показывает, что образовательные приложения пользуются популярностью в AppStore, что не скажешь о Google Play (табл. 2).

В AppStore предлагается потребителям около 130 тысяч образовательных приложений против 73 тысяч приложений в Google Play. Исходя из отчетов многих исследовательских организаций, магазин Google Play получает больше на 70% скачиваний, в сравнении с App Store. В тоже время App Store на 70% прибыльнее Google Play.

Таблица 1. Сравнение магазинов приложений Android и iOS

Критерий сравнения	Google Play	AppStore
Количество приложений	3,6 миллиона	2,1 миллиона
Количество скачиваний' 17	85 миллиардов	27 миллиардов
Самые скачиваемые (более 1 миллиарда загрузок)	Facebook, YouTube, Facebook Messenger, Google Maps	Instagram, WhatsApp, iTunes
Количество импортированных приложений (с начала 2017)	с iOS на Android – 15 тысяч	с Android на iOS – 7,5 тысяч
Вид информации	Открытый код	Закрытый код
Удобство поиска приложений	много категорий (игры, бизнес, мультимедиа, мессенджеры и т.п.), автоподбор приложений под поисковые запросы пользователя, приложение можно поместить только в 1 категорию	тот же функционал, что и у Google Play, но приложение можно поместить сразу в 2 категории (3 для игр)
Возврат денег за покупку	в течение 2 часов, автоматически	в течение 14 дней, но через службу поддержки
Разработчики	краудсорсинг	пользователи приложений
Частота рекламы в приложениях	примерно одинаковая	примерно одинаковая
Частота окон для оценки	Без ограничений, от разработчика	не более 3 раз в год
Безопасность	средняя	высокая
Количество разработчиков	967 тысяч	499 тысяч
Распределение прибыли	70% разработчику, 30% магазину	80% разработчику, 20% магазину

Таблица 2. ТОП-5 категорий по количеству доступных для скачивания приложений

	AppStore		Google Play	
1	Игры	29,7%	Виджеты	8,0%
2	Образование	9,9%	Развлечение	7,0%
3	Развлечения	4,7%	Социальные	5,0%
4	Образ жизни	3,1%	Образ жизни	4,0%
5	Бизнес	1,9%	Музыка и аудио	4,0%

Образовательные приложения в AppStore пользуются популярностью также из-за политики компании – большое внимание уделяется созданию высококачественных обучающих платформ и приложений, как бесплатных, так и платных. Эти новшества активно внедряются в американских школах и университетах, а также в бизнесе в целях повышения квалификации кадров или их переподготовки. Для учащихся, студентов и преподавателей предлагаются товары и услуги по льготным ценам, как онлайн, так и в магазинах сети. Специальный раздел посвящён повышению квалификации для учителей и преподавателей, где специалисты консультируют и обучают сотрудников учебного заведения, путем интегрирования своих продуктов в учебный процесс, а также помогают подобрать инструменты для эффективного внедрения выбранной технологии, чтобы их уроки стали ещё более вдохновляющими. Проведение специальных семинаров, во время которых рассказывают и показывают, как можно преобразить процесс обучения с учётом собственных задач, является важной частью процесса [3].

Но по скачиванию приложений Google Play явный лидер. В третьем квартале этого года из Google Play было произведено 19,5 млрд скачиваний, годовой рост составляет 14,3%. App Store по этому параметру вырос лишь на 3% до 7,6 млрд долларов. Google Play все еще продолжает оставаться менее доходным в сравнении с App Store. 66% доходов Apple забирает

себе, при этом по количеству скачиваний приложений Google Play в 3–4 раза лучше своего конкурента.

Также ежегодно появляются сотни стартапов в разных сферах деятельности, но заметно провисает социальная сфера, обучение и управление. В сотню самых перспективных вошли только два EdTech-проекта. Liulishuo – китайский онлайн-сервис для изучения английского языка. И американский проект Osmo, специализирующийся на игровых механиках в развитии и обучении.

Искусственный интеллект внедряется в сферы, в которых легко стандартизировать сценарии взаимодействия, – продажи, консультирование, рекрутинг – искусственный интеллект уже заменяет человека без потери эффективности. Однако управление и обучение сложно исчерпывающе описать.

Но искусственный интеллект как раз тот инструмент, который открывает возможности технологических инноваций даже в таких тонких аспектах, как воспитание, побуждение, мотивация и всесторонняя оценка личности.

Например, в образовательной интернет-платформе Puzzle English успешно используем технологии машинного обучения для персонализации образовательных программ, а сейчас разрабатываем нейросетевое решение, которое поможет научиться говорить по-английски без преподавателя. Это сложная задача, для выполнения которой надо описать огромное множество вариантов произношения, артикуляций, классифицировать их и обучить машину их распознавать. Но с помощью искусственного интеллекта в мобильных цифровых платформах позволит осуществить эту задачу и повысить эффективность множества процессов.

Рост мобильных технологий вносит постоянные изменения в образование. Образование больше не ограничено местом или инструментами. Мобильные приложения помогают реализовать главные человеческие потребности – общение, образование, самореализацию. Внедрение мобильных приложений в образование призвано повысить эффективность процесса.

Выводы. В заключении можно отметить, что вовлечение инновационных процессов и ИКТ в сферу образования может повысить уровень общей и профессиональной грамотности, позволит организовать процесс обучения увлекательно и интерактивно, повышая общий уровень цифровизации данного сектора. Главное – наличие смартфонов у потребителей, а разработчики создадут качественный продукт под ту или иную операционную систему.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ветрова Е.Н., Лапочкина Л.В. Трансформация промышленного развития на современном этапе развития экономики // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2016. № 3 (245).

2. Конопатов С.Н., Салиенко Н.В. АНАЛИЗ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМ // Экономика и экологический менеджмент. 2018. № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-biznes-modeley-na-osnove-platform (дата обращения: 13.10.2018).

3. Global App Revenue Topped $18 Billion Last Quarter, Up 23% Year-Over-Year. – URL: https://sensortower.com/blog/app-revenue-and-downloads-q3-2018.

УДК 504.064.47

И.Д. Налетов, О.В. Новикова, Н.Т. Амосов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОЗДАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ, ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Актуальность. На сегодняшний день, проблема обращения с отходами (ОСО), как твердыми коммунальными (ТКО), так и промышленными (ПО), становится все более острой: количество отходов растет, утилизация не развивается на необходимом уровне.

Тенденция ухудшения экологического состояния густонаселенных регионов приобретает систематически развивающийся характер. В условиях современной экономики, ключевая сторона реализации тех или иных программ, направленных на возврат отходов в хозяйственный цикл – это возможность коммерциализации проекта не только в энергетическом направлении использования ТКО. Концепция энергетической утилизации отходов в Российской Федерации не получила особой привлекательности ввиду обилия запасов углеводородов и избытка располагаемых мощностей в энергетической системе страны. Это направление утилизации отходов предполагает решение целого ряда экологических проблем, что является основополагающей целью системы ОСО [1].

Цель исследования – на основе анализа эффективности методов утилизации ТКО и ПО разработать предложения повышения экономической и экологической эффективности ОСО.

Результаты. Под сепарацией, в данном случае, понимается, непосредственно, разделение и сортировка отходов. Сепарация ТКО и ПО является эффективной процедурой, предшествующей обработке отходов. Сепарация отходов может выполняться, исходя из предъявляемого требования пригодности к утилизации.

Уточнено понятие «обращение с отходами» в ФЗ №89 «Об отходах производства и потребления» – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов. «Утилизация отходов» – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг и т.д. [2].

Способы сепарации ТКО можно разделить по признаку места проведения:

- пофракционный, селективный покомпонентный сбор отходов в местах их образования (у населения, в общественных местах, на производствах);
- комплексная сортировка отходов в месте потенциальной утилизации.

Наибольшая эффективность сепарации достигается путем комбинирования вышеупомянутых элементов, то есть реализуя индивидуализированный подход в обращении с отходами конкретного рода, в итоге снижая удельные затраты на утилизацию.

Магнитная, электродинамическая, электростатическая – наиболее распространенные виды механической сепарации, а применение комбинированных систем позволяет достичь высокой степени фракционирования потока ПО, учитывая их физические свойства.

Методы утилизации отходов. Комплексный подход к обращению с ТКО и ПО представляет собой детальную проработку перспектив реализации утилизации для соответствующих видов сепарированных или не сепарированных отходов. Целесообразно рассматривать комплексный подход к ОСО в разрезе статистики их количества и морфологического состава. Так, 1 человек, по данным ООН – источник 500-550 кг ТКО в год (2017 г.), таким образом, население РФ в 146,9 млн человек (2018 г.), генерирует 77,1 млн т ТКО, морфология же ТКО для европейской части России представлена в табл. 1 [3].

Виды возможных процессов обезвреживания и утилизации рассматриваются в работе [1].

Сепарация отходов – важный элемент методики ОСО, позволяющий реализовать наиболее эффективно утилизацию и обезвреживание отходов. Наибольшего эффекта

сепарации можно добиться комплексной программой разделения отходов на уровне их производства (население, промышленность) и непосредственного процесса утилизации и обезвреживания.

Анализ текущего состояния промышленного кластера в ОСО, показал, что процент сепарированных и обрабатываемых отходов в России не превышает 10%, подавляющее большинство остатка подвергается захоронению. Прослеживаются попытки реализовать способ уничтожения отходов – непосредственное сжигание не сепарированной или малосепарированной массы, что наносит серьезный ущерб экологии в локации действия мусоросжигающего завода.

Таблица 1. Классификация ТКО, Морфологический состав для европейской части России [1]

Утилизация				Захоронение	
Бумага и картон	21.5%	Пленка	7.4%	Органические отходы	27.4%
Стекло	8.9%	Инертные материалы	12.8%	Прочие материалы	9.1%
Пластик и резина	4.3%	Металлы	4.6%	Кожа, текстиль	2.5%

Пластик, пленки, металлы, бумага и картон могут подвергаться утилизации и вторично использоваться, заведомо снижая неутилизируемый остаток более, чем на треть.

Промышленный кластер может рассматривать перспективные технологии для утилизации отходов: низкотемпературный (НТП) и высокотемпературный пиролиз (ВТП), которые, соответственно, предназначаются для сортированного и несортированного потока отходов. Установки по НТП твердых отходов функционируют в мире с 70-х годов прошлого века. Технология позволяет значительно сократить объем отходов за счет высокой плотности конечного продукта; легкость транспортировки и хранения конечного продукта пиролиза; продуцирует синтез-газ, что значительно упрощает реализацию энергетической утилизации отходов и генерации электрической и тепловой энергии; практически не сопровождается выбросами в окружающую среду; ввиду отсутствия патогенных выбросов в окружающую среду, пиролизная утилизация не облагается штрафами и санкциями; в ходе пиролиза не уничтожаются полезные вещества, содержащиеся в тех или иных отходах, а они могут быть использованы с получением определенной выгоды; строительство и глобальное распространение пиролиза стимулирует локализацию производства отечественного оборудования, что соответствует реализуемой политике импортозамещения. Возможные методы ОСО для промышленного кластера РФ представлена в табл. 2 для сепарированного и не сепарированного потока отходов.

Таблица 2. Варианты методов ОСО

Сепарированные отходы	Не сепарированные отходы
низкотемпературный пиролиз	высокотемпературный пиролиз
вторичная переработка	
захоронение	

Факторами, влияющими на принцип сепарации, могут быть: энергодостаточность региона; инвестиционная привлекательность производств, связанных с утилизацией отходов; численность населения и другие. С точки зрения промышленности, решая максимально глобальные проблемы, первостепенную важность имеет энергодостаточность, что обуславливает ее превалирующую роль в определении методики ОСО для региона, ФСОСО в целом.

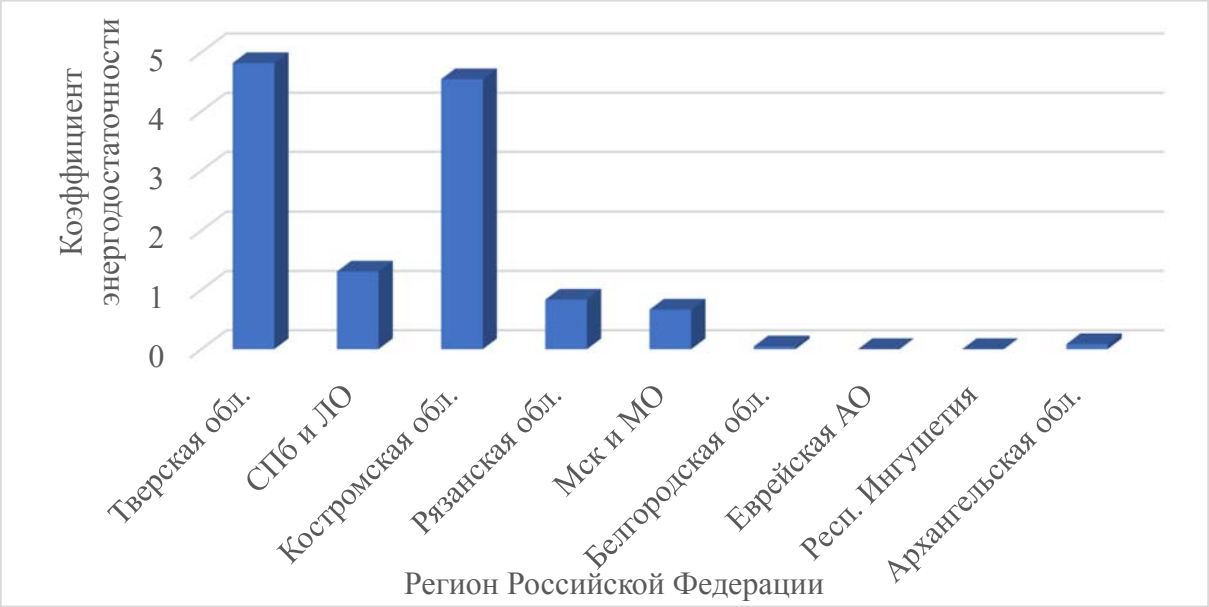


Рис. 1. Энергодостаточность регионов России (выдержка) [5]

Так, по уровню энергодостаточности регионов России (формула 1, рис. 1), целесообразно первостепенное развитие промышленного кластера ОСО [4] в энергетически дефицитных регионах (Москва и Московская область, Белгородская область, Еврейская АО и др.) (стратегия 1) с уклоном в обезвреживание (минимальный уровень сепарации и максимальная генерация тепловой и электрической энергии) для частичного решения проблем с энергообеспечением и избыточных (Санкт-Петербург и Ленинградская область, Костромская область, Тверская область и др.) (стратегия 2) с уклоном в утилизацию (максимальная сепарация для реализации утилизации и обезвреживание неутилизируемого минимума) для сбалансированного потребления энергии и продуктивного ее использования. Стоит отметить, что реализация ФСОСО послужит катализатором решения проблем энергетически изолированных регионов и локаций, простимулирует и обеспечит развитие необходимой инфраструктуры и промышленности.

$$k_{\text{ЭД}} = \frac{\text{Э}_{\text{год}}^{\text{производство}}}{\text{Э}_{\text{год}}^{\text{потребление}}}. \quad (1)$$

Необходимость определения стратегии развития промышленного кластера ОСО обусловлена различиями в подходах к реализации методов ОСО: сепарации, утилизации и обезвреживанию. Достижение максимальной эффективности функционирования ОСО возможно только при комбинированной реализации описанных стратегий и методов.

В рамках стратегии 1, реализуя минимальный уровень сепарации (для сокращения расходов целесообразна сортировка отходов на месте их генерации, без привлечения сепарационных производств), большая часть отходов поступает на обезвреживание. Принимая во внимание особенности требуемых условий обезвреживания для соответствующего потока отходов, наиболее эффективно использовать в данном случае технологию высокотемпературного пиролиза: пиролиз при температуре свыше 800 ºС, что сопровождается максимальным выходом горючих газов.

Стратегия 2 подразумевает комплексную сепарацию (как в местах генерации отходов, так и на производстве) для повышения эффективности утилизации отходов и снижения доли неутилизируемого остатка. Принимая во внимание особенности требуемых условий обезвреживания для соответствующего потока отходов, в рамках данной стратегии реализации ОСО целесообразно использование технологии низкотемпературного пиролиза – более экономически выгодной с точки зрения ее осуществления и более требовательной к составу обрабатываемых материалов (комплексная сепарация).

Целесообразно провести сравнение предполагаемых стратегий по полезным продуктам утилизации (конечные результирующие продукты) и их энергетической эффективности - возможностям потенциального выхода энергии (энергетическое обезвреживание), однако, однозначный критерий оценки в данном случае отсутствует.

Энергетический потенциал отходов – усредненная низшая теплота сгорания для не подверженного сепарации потока отходов составляет 11,66 МДж/кг [1]. Согласно стратегии 1, из общего потока отходов исключаются только труднообезвреживаемые, особо ценные или потенциально опасные и вредные вещества, то есть, порядка 20% отходов подлежит утилизации, а 80% – обезвреживанию. При условии, что только ТКО в России продуцируется порядка 77,1 млн т, глобальная реализация стратегии 1 – больше 83,9 млн ГДж чистой энергии, что при среднем КПД энергетических установок (~ 30%) дает 25,16 млн ГДж, а это эквивалентно 702,12 млн м^3 метана, 619,64 тыс. т мазута или 510,21 тыс. т у.т. В стратегии 2, при прочих равных, до 85–90% отходов может быть подвержено непосредственно утилизации, что составит 4 млн ГДж энергии, эквивалентной 109,7 млн м^3 метана, 96,82 тыс. т мазута или 79,72 тыс. т у.т. [5]. Приведенные данные актуальны для обезвреживания ТКО и ПО путем непосредственного сжигания (классическая термическая обработка отходов).

Что же касается пиролиза: пиролизный газ, его характеристики и количество зависят от непосредственно вида пиролиза (НТП, ВТП) и отходов, которые ему подвергаются. В среднем, низшая теплота сгорания пиролизного газа составляет 7500–8500 ккал/м^3 (природный газ – 8000 ккал/м^3) или 31,41–35,59 МДж/кг (более чем в 3 раза выше теплотворной способности отходов). Важно отметить, что пиролизный газ может быть использован в качестве топлива в большинстве серийных газовых турбин, котлов и прочего энергетического оборудования, что подчеркивает его универсальность.

Наиболее универсальным способом утилизации отходов является ВТП, прежде всего, потому что при его осуществлении не предъявляются требования к сырью. Реализация ВТП не сепарированного потока отходов является наиболее перспективным способом утилизации ТКО, позволяющим минимизировать вред окружающей среде, генерировать электрическую и тепловую энергию, использовать крупные непиролизируемые остатки для получения строительных материалов. Классификация перспектив утилизации представлена в табл. 3.

Таблица 3. Утилизируемые отходы и конечные продукты

Отходы	Продукты
Металлы	В зависимости от типа лома (переплавка в изделия после сепарации и обследования, либо утилизация при низком качестве)
Пластмассы и производные	Полимерные плиты, дверные панели, лотки, поддоны, контейнеры, ковы и прочие изделия не пищевого назначения
Макулатура	Бумага, картон, строительные материалы (первичное сырье с добавлением обработанного вторичного)
Древесина	
Нефтепродукты	Моторные масла, битумы, смазки
Резина и производные	Строительные материалы, резиновая обувь, автомобильные покрышки
Электротехника	Драгоценные металлы, цветные металлы, полимеры
Стекло	Полная утилизация (кроме триплекса, зеркал и армированного/тугоплавкого сырья)
Ртутные лампы	Алюминий, люминофор, лампы, тротуарная плитка (после демеркуризации ртути сорбентами)
Инертные материалы	Строительство, захоронение
Органические отходы	Электрическая и тепловая энергия, удобрения, не утилизируемый остаток
Кожа, текстиль	

В случае глобальной реализации промышленного кластера ОСО [6], принимая во внимание энергетический баланс в регионе, инвестиционную привлекательность утилизации отходов, а также востребованность в конечной продукции предприятий, необходимо определить стратегию развития и функционирования ОСО. А именно: вторичное использование части сепарированных отходов и НТП остатка с последующим использованием или захоронением неутилизируемого минимума или ВТП не сепарированных отходов с вторичным использованием непиролизируемого остатка и частичным захоронением неутилизируемого минимума.

Выводы. Утилизация ТКО и ПО – перспективная отрасль реализации программ повышения энергетической и экологической безопасности, развития и локализации отечественного машиностроения, направленного на обеспечение потребностей отрасли ОСО.

Для решения проблемы ОСО (ТБО и ПО) предлагается реализация следующих видов деятельности промышленного кластера:

1. разработка принципов определения пути развития промышленного кластера по регионам, например, в зависимости от их уровня энергодостаточности;
2. комбинированная и комплексная сепарация отходов как на этапе их образования, так и на месте утилизации;
3. максимально возможная реализация вторичного использования отходов после прохождения комплексной сепарации;
4. энергетическая утилизация неперерабатываемых сепарированных отходов;
5. захоронение и компостирование части отходов и неутилизируемого минимума;
6. сокращение отчужденных площадей посредством утилизации существующих свалок мусора и отходов, ликвидация существующих нецентрализованных и незарегистрированных свалок и полигонов для мусора;
7. проведение информационно-просветительских мероприятий, с целью повышение личной ответственности и сознательности населения при ОСО.

ЛИТЕРАТУРА:

1. И.Д. Налетов, Н.Т. Амосов. Влияние процесса утилизации твердых бытовых отходов на окружающую среду / Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 248 с.

2. Федеральный закон от 24.06.1998 №89–ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об отходах производства и потребления».

3. И.Д. Налетов. Утилизация и переработка отходов в рамках повышения энергоэффективности нефтегазодобывающей промышленности / Булатовские чтения 2018: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 г.): в 7 т.: сборник статей / Под общ. ред. д-ра. техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар: Издательский Дом – Юг.

4. Налетов И.Д., Новикова О.В., Амосов Н.Т. Создание промышленного кластера обращения с отходами // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018.

5. Рейтинг регионов по уровню энергодостаточности – итоги 2017 года [Электронный ресурс]. – URL: http://riarating.ru/regions/20180307/630084980.html.

6. К.Ф. Байкова, Л.Л. Каменик. О необходимости разработки единой политика обращения с отходами в Санкт-Петербурге и Ленинградской области / Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Инженерно-экономический институт. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015.

УДК 332.1

Е.К. Терешко, С.С. Гутман
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗВИТАЯ ИНФРАСТРУКТУРА КАК ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Русская Арктика, в настоящее время, привлекает все больше исследователей из разных научных областей, что вызвано проводимой Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности [1]. Данные территории имеют большую площадь (8664,1 тыс. км^2), но в тоже время обладают малой плотностью населения (0,43 чел. на км^2, в 2017 г.), что сказывается на инфраструктурном развитии [2]. Для обеспечения развития инфраструктуры на территориях АЗ РФ необходимо развивать региональный строительный комплекс, который позволит обеспечить регион: жилищным фондом, социальной инфраструктурой, транспортной инфраструктурой и т.д.

Обращаясь к работам различных исследователей, которые занимаются изучением АЗ РФ, важными являются труды, посвященные социально-экономическому развитию территорий, в том числе усовершенствованию региональной системы управления. Так, в работе [3] авторы предлагают методику, позволяющую определить особенности социально-экономического развития субъектов АЗ РФ. Бакланов П.Я. и Мошков А.В. в работе [4] подчеркивают важность развития объектов инфраструктуры на территориях АЗ РФ, ссылаясь на вахтовый метод освоения. В работах [5–8] авторами рассматриваются различные инструменты регионального стратегического развития, а именно: кластерный метод, проектное управление, целевые программы, комплекс региональных индикаторов (КРИ). Автором для проведения мониторинга реализации стратегии развития строительного комплекса региона был выбран КРИ [8]. Ранее, в работах [9–11] была построена стратегическая карта, а также разработаны составляющие «Обучение, развитие и инновации» и «Промышленность и предпринимательство». *Целью* данного исследования является разработка составляющей комплекса региональных индикаторов «Общество и рынок». *Объектом* исследования выступила Мурманская область. *Предметом* исследования – региональный строительный комплекс.

Методологической базой исследования выступил инструмент КРИ основанный на сбалансированной системе показателей (ССП). КРИ включает четыре составляющие: 1) обучение, развитие и инновации; 2) промышленность и предпринимательство; 3) общество и рынок; 4) финансы региона.

Необходимо определить разницу между понятиями «Инфраструктура» и «Строительный комплекс». Строительный комплекс представляет собой совокупность межотраслевой хозяйственной деятельности, включающей в себя весь цикл работ по созданию строительных объектов от проектирования до ввода объекта в эксплуатацию, а именно: производственных, непроизводственных и линейных объектов [11]. В то время как инфраструктура является комплексом взаимосвязанных обслуживающих структур и объектов, составляющих и обеспечивающих основу функционирования системы (например, региональной) [12]. В связи с чем, развитая инфраструктура выступает следствием правильно подобранного стратегического подхода к развитию строительного комплекса в регионе.

Развитая инфраструктура территории является одним из факторов, способствующих повышению уровня инвестиционной привлекательности региона, что как следствие способствует экономическому и социальному региональному росту. На территориях АЗ РФ в первую очередь необходимо развивать и улучшать социальную и жилую инфраструктуру, а также логистическую систему. Т.е. необходимо создать условия, позволяющие обеспечить регион необходимыми инфраструктурными единицами.

Построим схему развития Мурманской области (рис. 1), базирующуюся на трех факторах развития, которые выступают в лице следующих стейкхолдеров, а именно: региональных властей, представителей бизнес структур, представителей местного населения.

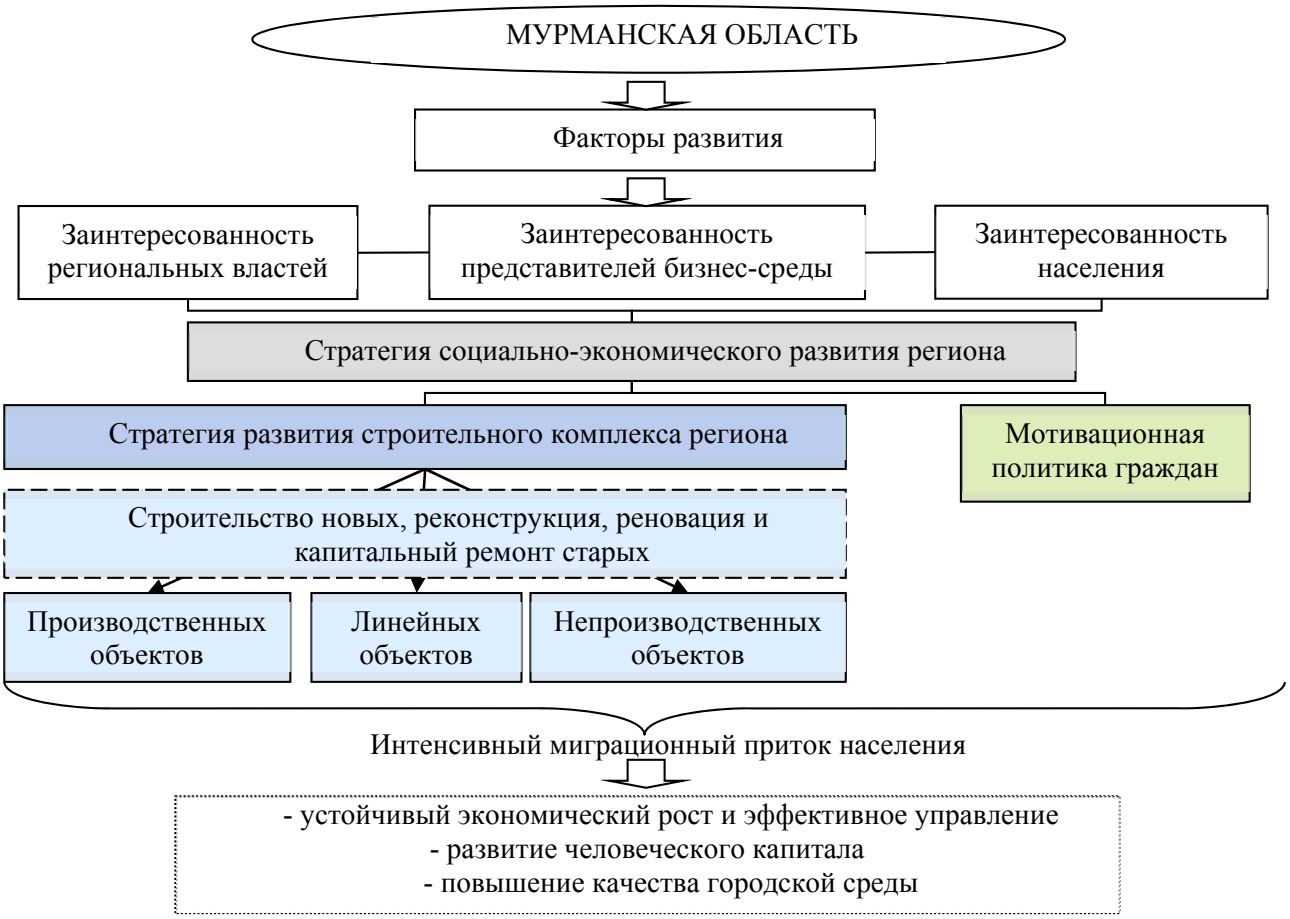


Рис. 1. Схема развития Мурманской области

Как видно из предложенной схемы, формирование Стратегии развития строительного комплекса является одним из основных аспектов, влияющих на Стратегию социально-экономического развития Мурманской области. В связи с чем, используя концепцию КРИ с целью визуализации стратегии развития строительного комплекса Мурманской области были заданы следующие взаимосвязанные составляющие стратегической карты развития: обучение, развитие и инновации; промышленность и предпринимательство; общество и рынок; финансы региона.

Разрабатывая составляющую комплекса региональных индикаторов развития строительного комплекса Мурманской области, «Общество и рынок», были заданы следующие целевые ориентиры:

1. *Развитие инфраструктуры (транспортной, социальной и др.) в регионе.* Важно обеспечить регион развитым строительным комплексом, который будет включать: производственные, непроизводственные и линейные объекты строительства.

2. *Рост уровня жизни населения.* Строительный комплекс Мурманской области, имеющий все инфраструктурные единицы, способствует развитию населения и повышению грамотности коренных малочисленных наров Севера.

3. *Рост конкурентоспособности региона.* Высокое развитие строительного комплекса, обеспечивает выход Арктического региона на новый социально-экономический уровень развития, что способствует развитию бизнес среды, а также привлечению нового рабочего капитала. В настоящее время Мурманская область имеет средний уровень развития

инфраструктуры по сравнению с другими территориями АЗРФ, но ей присуща диверсифицированная экономика [13].

4. *Обеспечение экологической безопасности региона.* Так как регионы АЗ РФ обладают ресурсной самодостаточностью, необходимо развивать высокотехнологичные перерабатывающие производства. Необходимо обеспечить возможность рециклинга строительных отходов и вторичное использование строительных материалов, что позволит осуществлять безотходное строительное производство, положительно отражающееся на экосистеме региона.

5. *Создание новых и модернизация старых объектов жилищного строительства.* На территории Мурманской области в настоящее время преобладают постройки 1946–1995 гг., жилой фонд региона изношен на 19% (ветхое и аварийное жилье), следовательно, данные здания не подлежат восстановлению. 81% жилого фонда находится в пригодном для жизни состоянии, но необходимо применять новые технологии для реновации, реконструкции и капитального ремонта [14].

Таблица 1. Формирование составляющей КРИ «Общество и рынок»

Цель	Измеримый показатель
Развитие инфраструктуры (транспортной, социальной и др.) в регионе	
Обеспечение инфраструктурного развития региона	Индекс инфраструктурного развития региона, %
	Интегральный индекс устойчивости социальной инфраструктуры региона [15, с. 70–71]
	Интегральный индекс территориально-транспортной доступности услуг образования и здравоохранения [15]
Развитие социальных учреждений региона (система образования)	Охват детей дошкольным образованием, в % от общей численности детей соответствующего возраста
	Численность обучающихся/количество общеобразовательных организаций региона, чел.
	Численность студентов средних профессиональных учебных заведений на 10000 чел. населения, чел.
	Численность студентов высших профессиональных учебных заведений на 10000 чел. населения, чел.
Развитие социальных учреждений региона (система здравоохранения)	Число больничных коек на 10000 чел. населения, ед.
	Мощность амбулаторно-поликлинических организаций на 10000 чел. населения, посещений в смену
Рост уровня жизни населения	
Обеспечение роста уровня жизни населения	Индекс человеческого развития (ИЧР)
Мониторинг населения региона по уровню образования	Доля людей имеющих высшее образование, %
	Доля людей, имеющих неполное высшее образование, %
	Доля людей, имеющих среднее профессиональное образование, %
	Доля людей, имеющих общее образование, %
	Доля людей, не имеющих образование, %
Рост конкурентоспособности региона	
Обеспечение роста конкурентоспособности региона	Валовой региональный продукт, руб.

Продолжение таблицы 1

Цель	Измеримый показатель
Обеспечение экологической безопасности региона	
Безопасное строительство для внешней среды	Доля строительных предприятий, использующих рециклинг строительных отходов, %
	Доля строительных предприятий, использующих вторично строительные материалы, %
Создание новых и модернизация старых объектов жилищного строительства	
Обеспечение нового жилищного строительства в регионе	Прирост площади жилых помещений в регионе, %
Обеспечение проведения мероприятий по реконструкции, реновации и капитальному ремонту в регионе	Доля ветхого жилищного фонда в регионе, %
	Доля аварийного жилищного фонда в регионе, %
	Доля объектов жилищного строительства обеспеченных водопроводом, %
	Доля объектов жилищного строительства обеспеченных канализацией, %
	Доля объектов жилищного строительства обеспеченных отоплением, %
	Доля объектов жилищного строительства обеспеченных ванной (душем), %
	Доля объектов жилищного строительства обеспеченных газом (сетевым, сжиженным), %
	Доля объектов жилищного строительства обеспеченных горячим водоснабжением, %
	Доля объектов жилищного строительства обеспеченных напольными электроплитами, %

В табл. 1 сформируем цели и измеримые показатели для всех целевых ориентиров составляющей «Общество и рынок».

Для определения индекса инфраструктурного развития региона ($I_{инф}$), необходимо воспользоваться следующими показателями:

$B_{зд}$ – ввод в действие зданий жилого и нежилого назначения, в сопоставимых единицах, в % к предыдущему году;

$П_{ад}$ – плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, в сопоставимых единицах, в % к предыдущему году;

$П_{жд}$ – плотность железнодорожных путей, в сопоставимых единицах, в % к предыдущему году;

$И_{стр}$ – инвестиции в основной капитал по виду экономической деятельности «Строительство», в сопоставимых ценах, в % к предыдущему году.

Как видно, показатели для расчета данного индекса определяются с помощью цепного индексного способа. Следовательно, индекс инфраструктурного развития предлагается рассчитывать как среднегеометрическое значение предложенных показателей:

$$I_{инф} = \sqrt[4]{B_{зд} \cdot П_{ад} \cdot П_{жд} \cdot И_{стр}} \ . \quad (1)$$

В заключение стоит отметить, что рассмотренная составляющая позволяет проводить оценку, как состояния и развития объектов инфраструктуры строительного комплекса Мурманской области, так и уровня жизни населения, конкурентоспособности и экологической безопасности региона. В связи с чем, разработанный КРИ, отражающий основные целевые ориентиры стратегии развития строительного комплекса Мурманской области, позволит

проводить мониторинг и анализ соответствующих показателей, а также проводить корректировку действий для сбалансированного развития последнего.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утв. Президентом РФ) [Электронный ресурс] Электрон. дан. – Режим доступа: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142561/ (дата обращения: 23.09.2018).

2. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2017. [Электронный ресурс] Электрон. дан. – Режим доступа: URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_14p/Main.htm (дата обращения: 17.09.2018).

3. Смиренникова Е.В., Воронина Л.В., Уханова А.В. Оценка уровня социально-экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации как основы для реализации крупномасштабных проектов // Инновационное развитие экономики. 2016. № 4(34). С. 95–108.

4. Бакланов П.Я., Мошков А.В. Пространственная дифференциация структуры экономики регионов Арктической зоны России // Экономика региона. № 1(41). С. 53–63.

5. Алборова А.А. Проектное управление как новый инструмент механизма государственного управления региональным развитием // В сборнике: Управление экономическими и социальными системами региона. Владикавказ. 2017. С. 8–15.

6. Фаттахов И.Э. Применение инструментов инновационного менеджмента в управлении региональным развитием в современной российской экономике // Экономика: теория и практика. 2016. № 2(42). С. 105–108.

7. Митрофанова И.В. Целевые программы как инновационный инструмент управления региональным развитием // Экономический вестник Ростовского государственного университета. 2005. Т. 3. № 4. С. 85–92.

8. Козлов А.В., Гутман С.С., Зайченко И.М., Рытова Е.В. Комплекс региональных индикаторов как инструмент формирования стратегии инновационно-промышленного развития районов Крайнего Севера // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета. Экономические науки. 2016 № 4 (229). С. 58–66.

9. A. Kozlov, A. Teslya, E. Tereshko Strategic map as a tool for increasing the investment attractiveness of the regional construction sector: case of the Murmansk region. MATEC Web of Conferences. 170, 02005 (2018).

10. Терешко Е.К. Совершенствование механизма управления строительным комплексом Арктического региона на основе комплекса региональных индикаторов // В сборнике: фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли сборник трудов научно-практической и учебной конференции: в 3 частях. 2018. С. 153–157.

11. Гутман С.С., Терешко Е.К. Анализ составляющей «Промышленность и предпринимательство» стратегической карты строительного комплекса Мурманской области // Научный вестник Южного института менеджмента. 2018. № 3. С. 5–12.

12. Понятие «Инфраструктура». [Электронный ресурс]. Электрон. дан. – Режим доступа: URL: http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RIt(wgxywzqyzwg (дата обращения: 28.11.2018).

13. Горячевская Е.С. Оценка конкурентоспособности регионов Арктической зоны Российской Федерации по показателям социально-экономического развития // в книге: Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы Тезисы VIII Всероссийской школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов. 2015. С. 180–183.

14. Терешко Е.К. Модернизация строительного комплекса Арктического региона // Молодежный научный вестник. 2018. № 6(31). С. 134–144.

15. Скуфьина Т.П. Социально-экономическое развитие Мурманской области: динамика, закономерности, регулирование: монография / Т.П. Скуфьина, Е.Е. Торопушина, С.В. Баранов. – Апатиты, КНЦ РАН, 2017. – 124 с.

УДК 330.88

К.С. Тращенко, И.М. Гулый
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Актуальность исследования. В июле 2017 года на уровне Правительства России утверждена программа развития цифровой экономики России [1]. Руководство страны, согласно положениям программы, ставит задачи построения в долгосрочном периоде развитой хозяйственной системы, в которой данные выступят ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности, будет обеспечено эффективное взаимодействие бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан.

Цифровая экономика – новая стратегическая основа развития государства, которая позволит создавать качественно новые модели бизнеса, задаст новую парадигму развития государства, экономики и всего общества. По оценкам, цифровизация российской экономики при должном инвестировании сможет обеспечить 30% роста ВВП к 2030 году. С использованием цифровых технологий меняется повседневная жизнь человека, производственные отношения, структура экономики и образование. Данные в цифровом представлении становятся новым активом по мере их применения в новых направлениях, рынках и для реализации новых идей [2].

В целях управления развитием цифровой экономики на территории огромной страны необходимы научно-методологические подходы к проведению мониторинга и анализа готовности регионов и уровня развития протекающих процессов цифровизации.

Поэтому построение методологии оценки протекающих изменений в сфере цифровой трансформации и ее практическая оценка являются актуальным направлением при дальнейшем изучении процессов цифровизации.

Цель исследования состоит в проведении с использованием авторского подхода анализа процессов цифровизации в регионах России. *Задачами исследования* являются:

- выбор показателей – индикаторов развития цифровой экономики в регионах страны;
- предложение методологической основы для построения интегрального индекса развития цифровой экономики в регионах;
- расчет индикаторов развития цифровой экономики для каждого субъекта РФ с последующим ранжированием регионов;
- проведение картографического анализа развития процессов цифровизации в регионах;
- оценка динамики развития процессов цифровизации на основе рассматриваемых индикаторов на отраслевом уровне – на примере транспортного комплекса России.

Методы исследования: графический анализ, метод рангов, метод статистических расстояний, комплексный статистический анализ.

Результаты исследования. Авторами, по результатам изучения статистических источников, предложены показатели – индикаторы развития цифровой экономики в регионах России – рис. 1.

Каждый из предложенных показателей – индикаторов рассчитывается на основе публикаций Росстата по результатам федерального статистического исследования [3].

Методологический подход основан на преобразовании различных статистических индикаторов (всего сгенерировано 17 наименований показателей) в доли единицы при помощи применении формул расчета статистических расстояний значения индикатора по соответствующему региону в диапазоне от наименьшего до наибольшего значений по всем исследуемым регионам. Таким образом, предлагается рассчитывать частные индексы развития цифровой экономики по отдельному направлению. Далее по каждому региону

рассчитывается обобщенный индекс развития цифровой экономки как среднее из значений частных индексов (рис. 2).

Рис. 1. Предлагаемые индикаторы развития цифровой экономики в регионах России
Источник: разработано авторами

Рис. 2. Алгоритм статистического изучения – определения индексов развития цифровой экономики в регионах РФ
Источник: разработано авторами

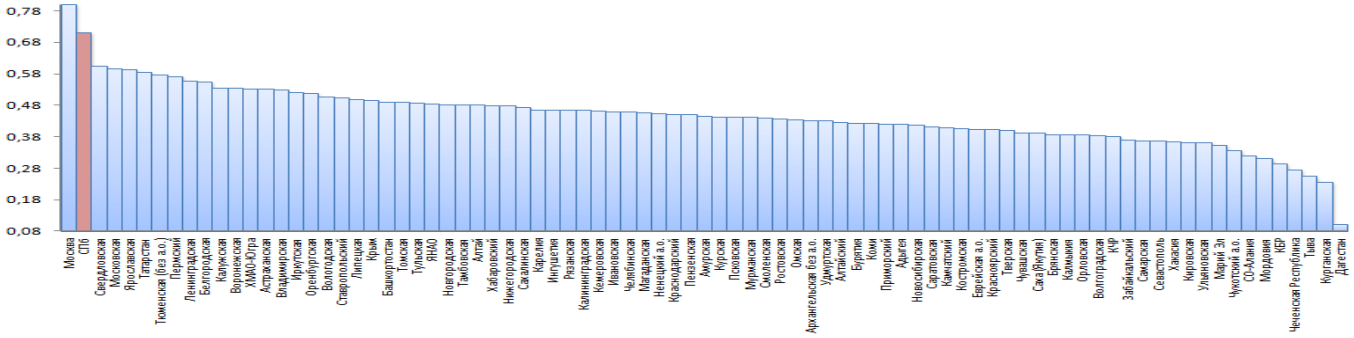


Рис. 3. Ранжирование регионов РФ по значению индекса развития цифровой экономики в 2017 году
Источник: расчеты авторов на основе [3]

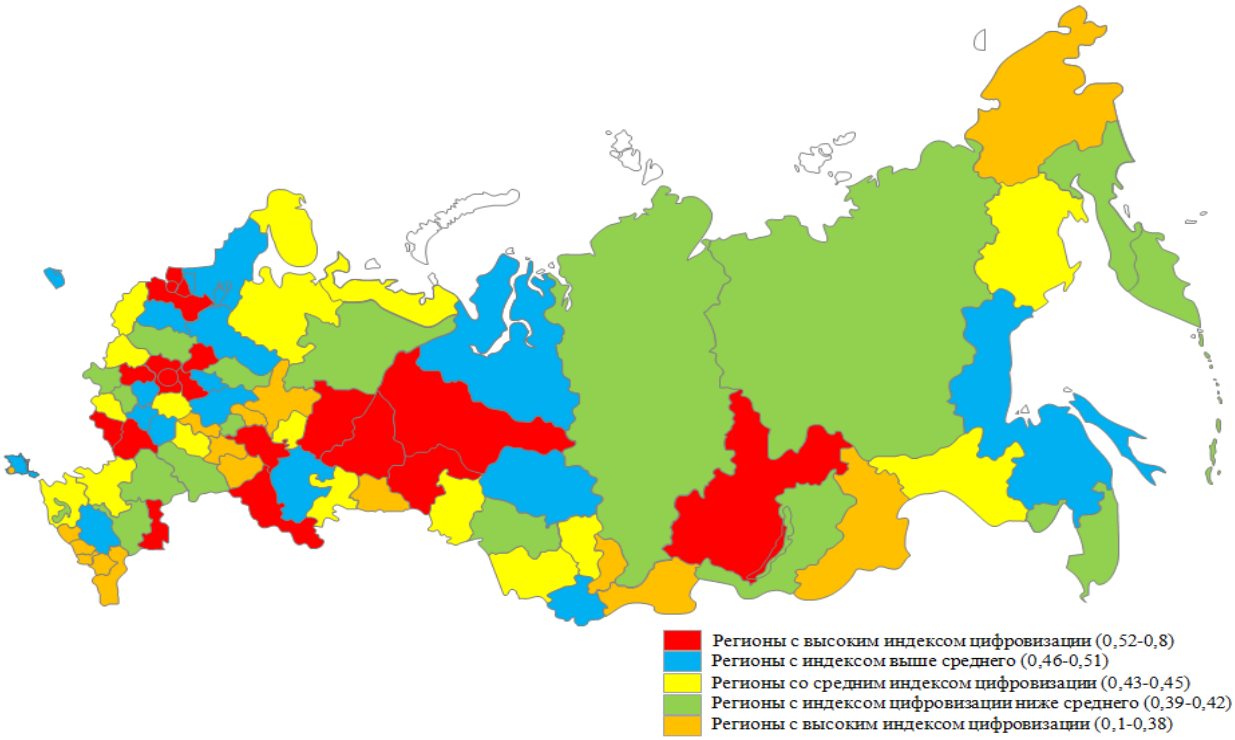


Рис. 4. Картографическое представление результатов исследования – группировка регионов по 5 интервалам: с высоким значением, выше среднего, средним, ниже среднего и низким значением индекса развития цифровой экономики в 2017 году
Источник: разработано авторами

Результаты применения предложенного подхода наглядно отражают рис. 3 и 4: представлены результаты ранжирования регионов по индексу развития цифровой экономики в 2017 году; на карту регионов России нанесена инфографика, показывающая наглядно уровень развития процессов цифровизации в регионах в 2017 году.

Выводы. Лидирующими регионами по развитию и текущему уровню готовности к цифровой экономике являются: обе столицы, включая агломерации – территории Московской и Ленинградской областей, а также Ярославская, Калужская, Воронежская, Оренбургская, Владимирская, Белгородская области, ряд территорий Урала, Сибири: Свердловская, Тюменская, Иркутская области, Татарстан, Пермский край. Пока незначительная готовность к построению цифровой экономики на текущем этапе характеризует многие регионы Сибири, Урала, Поволжья, Юга России (Забайкалье, Чукотка, Тыва, Хакасия, Чечня, Дагестан, Кабардино-Балкария, Марий Эл, Северная Осетия, Курганская, Кировская, Ульяновские области и др.) – рис. 4.

Полученная карта, представляющая развитие процессов цифровизации в российских регионах, отчасти предполагает определенную корреляцию социально-экономического развития территорий и развития в них цифровых технологий. Но такая корреляция характерна не для всех регионов. Ряд регионов с высоким уровнем экономического и социального развития находятся в зоне отставания в аспекте цифровых технологий.

На наш взгляд, результаты исследования количественных показателей цифровизации должны послужить исходной базой для принятия государственных решений вопросов регионального развития. Для регионов с относительно высоким уровнем развития цифровых технологий необходимы программы, предполагающие создание необходимой инфраструктуры и конкуренции при построении цифровой экономики регионов. Для пока отстающих регионов необходимы меры государственной поддержки и субсидирования на внедрение цифровых технологий в ключевых отраслях региональной специализации.

Далее развитие процессов цифровой трансформации с использованием перечня предложенных индикаторов рассмотрим на примере одной из важнейших инфраструктурных отраслей – транспортного комплекса. Статистика индикаторов применительно к транспорту позволяет утверждать, что в последние годы (рассмотрен период с 2015 по 2017 гг.) наблюдается плавная трансформация организаций транспорта в направлении их перевода на цифровую модель. За указанный период затраты на информационные и коммуникационные технологии в номинальном значении выросли почти в 2 раза (до 108,5 млрд. рублей), а доля затрат в консолидированном обороте выросла с 1,2% до 1,6% (рис. 5).

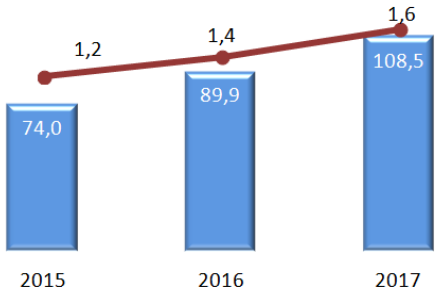


Рис. 5. Затраты на информационные и коммуникационные технологии в организациях транспорта в целом по РФ, млрд. рублей (столбиковый ряд) и доля затрат на ИКТ в выручке транспортных организаций РФ (точечный график), %, в 2015–2017 гг.
Источник: построено авторами на основе [3]

Для транспортных организаций имеет тенденцию к росту значение индикатора «Доля организаций, имевших CRM, ERM, SCM-системы». В 2017 году этот параметр вырос в среднем по отрасли до 20,9% (рис. 6). Таким образом, руководство компаний решает задачи перевода перевозочной деятельности на цифровые технологии. Расширяется использование онлайн-систем платежей. Это еще один индикатор, который подчеркивает использование цифровых систем при осуществлении маркетинговой и коммерческой работы на транспорте (рис. 7).

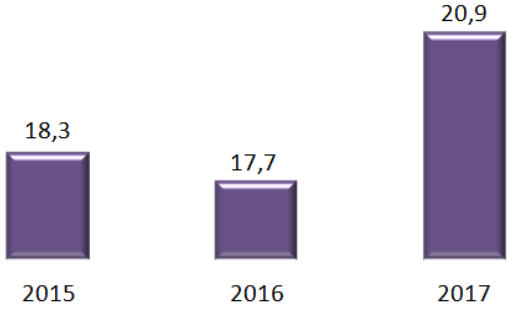


Рис. 6 Доля организаций транспорта РФ, имевших CRM, ERP и SCM-системы, % от общего числа обследованных организаций транспорта, в 2015-2017 гг.
Источник: построено авторами на основе [3]

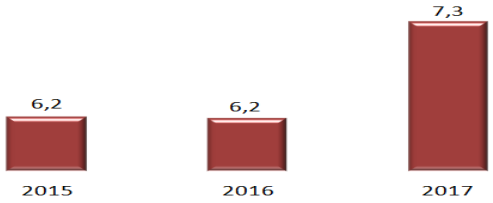


Рис. 7. Доля организаций транспорта РФ, имевших онлайн-системы платежей, % от общего числа обследованных организаций транспорта, в 2015-2017 гг.
Источник: построено авторами на основе [3]

Итак, количественный анализ индикаторов развития процессов цифровизации в регионах и отраслях экономики России будет способствовать правильному определению приоритетов, постановке стратегических целей, задач, принятию государственных и корпоративных решений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.government.ru.

2. Журавлева Н.А. Цифровая трансформация глобальных транспортных систем / Н.А. Журавлева // Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы; под ред. А.В. Бабкина. – СПб., 2017. – С. 113–132.

3. Итоги федерального статистического наблюдения по форме № 3-информ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru.

УДК 338.45

П.Г. Шабельников, П.С. Погорелая, Л.И. Гиматутдинова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА НЕФТЕГАЗОВУЮ ОТРАСЛЬ РОССИИ

Актуальность. На сегодняшний день нефтегазовые доходы составляют значительную часть доходов бюджета РФ: в 2017 году составили 9,022 трлн рублей (9,8% ВВП). Как следствие, санкции, введенные против нефтегазовых компаний, могут оказать существенное влияние на экономическую стабильность страны в целом. Среди многочисленных компаний в санкционном списке, оказались такие нефтедобывающие гиганты, как ОАО НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Транснефть» [1].

В начале 2017 года американская газета The Wall Street Journal в своем номере опубликовала статью, в которой утверждается тот факт, что экономические санкции Запада, введенные против ряда российских компаний в 2014 году, не наносят существенного урона российской нефтегазовой отрасли.

Вышесказанное определяет актуальность данного исследования и позволяет определить в качестве его основной цели следующую гипотезу: санкции оказывают влияние на рентабельность собственного капитала нефтегазовых компаний. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: выявить макроэкономические факторы, оказывающие непосредственное влияние на деятельность нефтедобывающих компаний; ввести бинарную переменную, отражающую период введения экономических санкций против российских компаний; установить связь между рентабельностью собственного капитала компаний и макроэкономическими показателями. Объектом исследования выступила ПАО «НК «Роснефть». Для выявления зависимости между рентабельностью собственного капитала компании банка и рядом макроэкономических показателей был произведен множественный регрессионный анализ.

В ходе проведения исследования были приняты во внимание труды зарубежных и российских исследователей, статистическая информация органов государственной власти.

Тема санкций в сложившейся геополитической ситуации весьма актуальна, поэтому многие исследователи обращаются к данной проблеме и высказывают свою точку зрения. И.А. Гулиев отмечает, что санкции и расширение эмбарго на предоставление услуг и технологий, значительно осложнили возможности разведки новых нефтяных месторождений и сказались на проектах «Роснефти» [2]. С.Н. Ларин, О.Е. Хрусталев, Т.В. Стебеняева

утверждают, что последствиями введения санкционных ограничений на компанию «Роснефть» является увеличение показателя долговой нагрузки в рублевом выражении (EBITDA). Тем не менее нефтегазовая отрасль российской экономики показала свою устойчивость к воздействию самых жестких санкционных ограничений. Для дальнейшего развития отрасли необходима разработка масштабной программы импортозамещения [3]. Р.М. Нуреев и Е.Г. Бусыгин отмечают, что инвестиционная привлекательность нефтегазовых компаний, а именно индекс MICEXO&G, характеризующий данный показатель, увеличился с значения 3178 в 2012 году до 5690 на конец 2016 года. Индекс включает в себя компании нефтегазового сектора, в числе которых «Роснефть» составляет 15,97% в значении индекса. Исходя из такого роста, можно заключить, что акции компании «Роснефть» остаются привлекательными для портфельных инвесторов [4].

Результаты исследования. Для выявления зависимости между рентабельностью продаж нефтегазовой компании и рядом макроэкономических показателей был произведен множественный регрессионный анализ.

В качестве зависимой переменной был принят показатель валовой рентабельности ПАО «НК «Роснефть», начиная с 2000 и по 2017 год включительно [5]. В качестве независимых переменных были выделены: курс доллара по отношению к рублю, среднегодовой темп инфляции, цены за 1 баррель нефти Brent в рублях, индекс потребительских цен на непродовольственные товары, значение ставки рефинансирования, данные по экспорту сырой нефти и нефтепродуктов в рублях, значение фондового индекса ММВБ, введенные и действующие санкции. [6, 7] Результаты множественного регрессионного анализа представлены на рис. 1.

Множественный коэффициент корреляции составил 0,97575. В соответствии со шкалой Чеддока, данное значение показателя характеризует весьма тесную связь между макроэкономическими факторами и признаком-результатом. Данное утверждение также подтверждается значением множественного коэффициента детерминации, равным 0,95209.

	Summary Statistics; DV: Рентабельность (Spreadsheet2 in Workbook1)
Statistic	**Value**
Multiple R	0,97575
Multiple R?	0,95209
Adjusted R?	0,91855
F(7,10)	28,38750
p	0,00001
Std.Err. of Estimate	1,63233

Рис. 1. Результаты множественного регрессионного анализа

При анализе качества модели множественной регрессии считается более точным рассматривать и другой показатель – скорректированный коэффициент множественной детерминации. Данный показатель позволяет учитывать количество факторных переменных, включенных в модель регрессии. В этом случае он равен 0,91855. Такое значение показателя означает, что вариация рентабельности ПАО «НК Роснефть» на 91,9% может быть объяснена включенными в модель факторами, и лишь примерно 8% вариации можно объяснить другими, не рассмотренными факторами. Значение F-статистики показывает, является ли уравнение статистически значимым. В данном случае, F-наблюдаемое равно 28,39, что значительно выше критического значения в 3,14. Данный факт говорит о незначимости нулевой гипотезы, заключающейся в незначимости коэффициентов модели. Соответственно, применяется альтернативная гипотеза о статистической значимости модели.

Построение подобных моделей осуществляется поэтапно. В данном процессе на каждом этапе исключаются наименее значимые факторы до тех пор, пока модель не будет состоять целиком лишь из статистически значимых переменных. При построении данной модели был исключен фактор фондовый индекс ММВБ как незначимый. Результат регрессионного анализа представлен на рис. 2.

Regression Summary for Dependent Variable: Рентабельность (Spreadsheet2 in Workbook1)
R= ,97574956 R?= ,95208721 Adjusted R?= ,91854825
F(7,10)=28,388 p<,00001 Std.Error of estimate: 1,6323

N=18	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(10)	p-level
Intercept			1267,452	257,7213	4,91792	0,000607
Курс доллара, руб.	-2,80179	0,488046	-1,263	0,2200	-5,74084	0,000188
Инфляция,%	2,06660	0,239551	2,603	0,3017	8,62694	0,000006
Цена нефти марки Brent, руб. за баррель	2,54794	0,326169	0,013	0,0017	7,81174	0,000014
Индекс потребительских цен на непрод. товары	-1,08179	0,220582	-12,455	2,5397	-4,90424	0,000619
Санкции	2,58070	0,551404	34,503	7,3722	4,68023	0,000867
Ставка рефинансирования, %	-0,44651	0,151801	-0,271	0,0920	-2,94139	0,014750
Экспорт сырой нефти и нефтепродуктов, млн. руб.	-1,81076	0,261137	-0,00000317	0,0000	-6,93415	0,000040

Рис. 2. Результаты множественного регрессионного анализа

Оценка значимости влияния макроэкономических факторов на рентабельность продаж основывается на оценке значений p-value. Значение данного показателя не должно превышать 0,05.

Первостепенным показателем, включенным в итоговую модель, является наличие или отсутствие влияния санкций. Чтобы получить адекватную картину, необходимо оценивать ситуацию в целом, поэтому также были выбраны следующие показатели: курс доллара по отношению к рублю, среднегодовой темп инфляции, цены за 1 баррель нефти Brent в рублях, индекс потребительских цен на непродовольственные товары, значение ставки рефинансирования, данные по экспорту сырой нефти и нефтепродуктов в рублях. Значимость данных факторов можно теоретически обосновать следующим образом:

- Данная работа направлена на выявление влияния именно санкций на деятельность нефтегазовых компаний, поэтому данный показатель является ключевым.
- Влияние курса доллара и инфляция отражает долларовый характер сделок в нефтегазовой отрасли. Себестоимость добычи сырья выражается в рублях, в то время как выручка формируется изначально в иностранной валюте. Похожую на инфляцию роль играет и индекс потребительских цен.
- Изменение ставки рефинансирования изменяет стоимость привлекаемых заемных средств, что также не может не сказаться на рентабельности компании.
- Влияние объемов экспорта нефти и нефтепродуктов, а также цена барреля нефти марки Brent непосредственно влияют на объемы реализации продукции компании и сырья как в натуральном, так и в денежном выражении.

Autocorrelation Function (Predicted & Residual Values (Spreadsheet2 in Workbook1) in РоснефтьРент)
OBSERVED: Value

Lag	Auto-Corr.	Std.Err.	Box & Ljung Q	p
1	0,399021	0,235702	3,371671	0,066336
2	0,253071	0,270641	4,812684	0,090161
3	0,292483	0,283483	6,865801	0,076322
4	0,033779	0,299779	6,895141	0,141563
5	-0,059988	0,299991	6,994792	0,221060

Рис. 3. Таблица коэффициентов автокорреляции

Важнейшим элементом оценки качества выбранной модели является анализ автокорреляции в остатках, т.е. в отклонениях исходных значений динамического ряда от рассчитанных по уравнению тренда. На рис. 3 изображены расчетные значения

коэффициентов автокорреляции, стандартных ошибок коэффициентов автокорреляции, значения критерия Q-тест Льюнг-Бокса и его расчетного уровня значимости P.

Выявление и статистическая оценка основной тенденции развития изучаемого процесса и отклонений от нее является неотъемлемой задачей при исследовании временных рядов. Автокорреляция в остатках может быть вызвана несколькими причинами, имеющими различную природу. Она может быть связана с исходными данными и вызвана наличием ошибок измерения в значениях результативного признака. В ряде случаев автокорреляция может быть следствием неправильной спецификации модели.

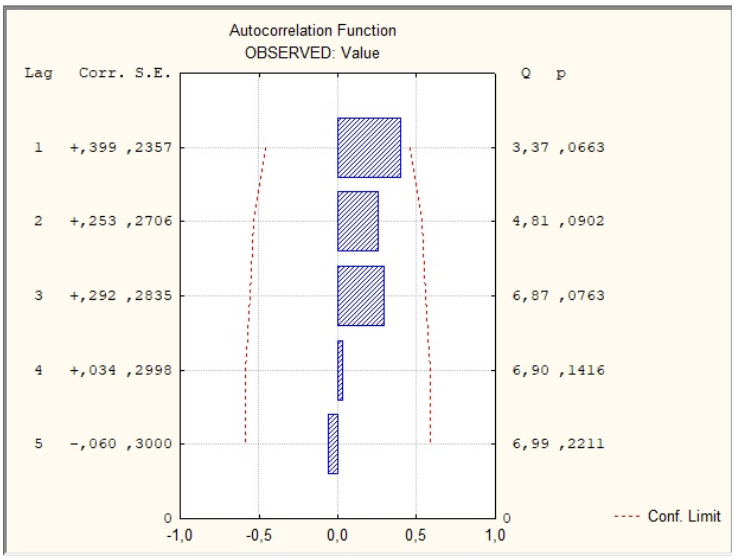


Рис. 4. Автокорреляционная функция остатков

На рис. 4 представлена автокорреляционная функция, которая является последовательностью значений коэффициентов автокорреляции с учетом разной величины лага. Программа представляет и значения стандартных ошибок коэффициентов автокорреляции, что позволяет оценить статистическую значимость коэффициентов с помощью t-статистики. Горизонтальные прямоугольники обозначают коэффициенты автокорреляции. Графическое представление рассчитанных коэффициентов автокорреляции демонстрирует, что они статистически незначимы, поскольку значения ни одного из них не выходят за границы доверительных интервалов, обозначенных на графике красной пунктирной линией.

Выводы. Таким образом, в контексте построенной модели становится очевидно, что существует линейная зависимость между введением антироссийских санкций, ограничивающих деятельность нефтегазовых компаний, и прибыльностью их деятельности. Тем не менее, невзирая на международные экономические ограничения, добыча нефти в России выросла. Значительную роль в этом сыграли колоссальные инвестиции прошлых лет, существенные налоговые льготы и девальвация рубля. В этот период прирост добычи обеспечивался за счет ввода новых месторождений, и это компенсировало падение добычи на действующих месторождениях. Именно этот обманчиво низкий эффект санкций стал для многих иллюзией, что они не наносят существенного урона российской нефтегазовой отрасли.

Это говорит о том, что несмотря на кажущуюся устойчивость таких компаний, следует учитывать влияние политических факторов на их благосостояние. А учитывая важную роль нефтегазовых компаний в формировании ВВП Российской Федерации, санкции следует воспринимать как реальную угрозу национальному благосостоянию, следовательно, и последствия политического воздействия по средством санкции должны нивелироваться не только на уровне предприятия, но и на уровне государственного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Санкционные списки против российских граждан и компаний [Электронный ресурс] / URL: https://ria.ru/politics/20140718/1016514535.html.

2. Гулиев И.А. Энергетическая политика нефтегазовых компаний России в новейших условиях введения санкций / И.А. Гулиев // Вестник НГУЭУ. – 2015. – № 2. – 283 с.

3. Ларин С.Н., Хрусталев О.Е., Стебеняева Т.В. Системный анализ угроз экономической безопасности России в условиях действия секторальных и финансовых санкций на примере нефтегазового комплекса / С.Н. Ларин, О.Е. Хрусталев, Т.В. Стебеняева // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 127(03). – 1 с.

4. Нуреев Р.М., Бусыгин Е.Г. Экономические санкции против России: краткосрочные и среднесрочные последствия для нефтяной и газовой промышленности / Р.М. Нуреев, Е.Г. Бусыгин // Journal of economic regulation (Вопросы регулирования экономики). – Том 8. – 2017. – № 3. – 6 с.

5. Финансовая (бухгалтерская отчетность) ПАО «НК «Роснефть» [Электронный ресурс] / URL: https://www.rosneft.ru/Investors/statements_and_presentations/Statements/.

6. Динамика цен на фьючерсный контракт на нефть Brent (MOEX, USD за баррель) [Электронный ресурс] / URL: https://news.yandex.ru/quotes/1006.html.

7. Статистика внешнего сектора [Электронный ресурс] / URL: http://www.cbr.ru/statistics/?PrtId=svs.

УДК 339

А.Ю. Анисимов, А.А. Шашкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В РАМКАХ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА "ИНДУСТРИЯ 4.0"

Переход к концепции автоматизации технологических процессов затронул различные направления развития общества. В первую очередь, четвертная промышленная революция вносит изменения в сферу производства, так как подразумевает изменение функционала оборудования, расширение возможностей искусственного интеллекта по управлению технологическими процессами и взаимодействие всех элементов системы производства. На базе этого, объединяя современные информационные и коммуникационные технологии, развивается логистика. Данная индустрия обладает огромным потенциалом для использования передовых технологий. Логистика в рамках нового технологического уклада «Индустрии 4.0» предоставляет компаниям новые возможности и способы использования сетевых коммуникаций, автоматизирует процессы поставки товаров и максимизирует выгоды, полученные компанией в результате использования CPS-систем. Один из самых развитых в техническом плане разделов логистики – транспортная логистика, которая обеспечивает перемещения грузов и рациональность данных процессов. Уровень механизации данного процесса велик, что говорит о наличии потенциала развития в этой области, повышения эффективности процессов и их оптимизации. Актуальность данной работы обусловливается высоким удельным весом транспортной логистики в современном логистическом комплексе, а также приоритетностью внедрения инновационных технологий в данную отрасль.

Цель работы: оценка целесообразности внедрения инноваций в транспортную логистику с обоснованием значимости подобных изменений на основе примера компании, уже использующей новые технологии для оптимизации и усовершенствования логистических процессов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Дана общая характеристика транспортной логистики с описанием специфических особенностей данной отрасли.

2. Определен характер современного инновационного развития транспортной логистики.

3. Обоснована целесообразность внедрения инноваций в систему управления логистическими процессами.

4. Дана оценка результатов внедрения новых технологий в транспортной логистике на примере КАРГО-компании и «Aliexpress».

В работе использованы следующие методы: анализ, синтез, дедукция, анализ контента.

Транспортная логистика обеспечивает выполнение многих задач, которые имеют значительное влияние на стоимость всего логистического процесса, а, следовательно, на прибыль управляющей компании. Так транспортная логистика занимается: подбором транспортных средств; выбором вида транспортировки; оценкой целесообразности проведения транспортировки собственными силами или с помощью аутсорсинга; составлением рациональных маршрутов; взаимодействием со складским логистическим звеном.

Главной функционирующей частью транспортной логистики является транспорт. Этим обосновывается деление транспортной логистики на виды в зависимости от транспортного средства, таким образом, выделают 3 вида транспорта:

- наземный: железнодорожный, автомобильный, трубопроводный;
- воздушный транспорт;
- водный транспорт: речной, морской.

Инновации в транспортной логистике продиктованы, как и в других областях деятельности экономических субъектов, развитием цифровых технологий и влиянием четвертой промышленной революции, называемой Индустрия 4.0 [1]. Таким образом, основными тенденциями инновационного развития в транспортной логистике являются:

– централизованность управления всеми логистическими процессами, и мгновенная реакция на изменение в одной цепи логистической цепочки остальных составляющих транспортной логистики для рационального использования ресурсов;

– внедрение искусственного интеллекта во всех разделах логистики, для просчета изменений внешней и внутренней среды, нахождения наиболее целесообразных управленческих решений;

– вытеснение человека из трудоемкой и травмоопасной деятельности, перемещение фокуса человеческого внимания на принятие управленческих решений;

– активное использование средств дополненной реальности и интернета вещей для контроля исполнения поставленных задач и взаимодействия на всех этапах логистической цепи с ее участниками;

– создание цифровых средств сбора и передачи информации о товаре для потребителя, увеличения точности времени доставки товаров;

– создание передовых охранных систем для транспортировки грузов.

Для определения значимости инновационного развития транспортной логистики на примере, рассмотрим эффективность внедрения одного из механизмов отслеживания покупателем оптовых заказов на ключевых точках логистической цепочки в Интернет-гипермаркет «Aliexpress». Данный метод носит название «cargotracking». Cargotracking – разработка, позволяющая в онлайн-режиме осуществлять контроль над прохождением груза через основные точки логистической цепочки. Используя защищенный аккаунт, заказчик может в любое время дня и ночи получить точную информацию о грузе и планировать дальнейшие действия [2]. Предоставлением таких услуг занимаются КАРГО-компании, специфика деятельности которых заключается в том, что они занимаются поставками только крупных партий. Преимуществом использования описанных выше компаний является отсутствие у таможенников вопросов по поводу товара, если поставка идет из-за рубежа, и законности деятельности покупателя. Также серьезным преимуществом КАРГО-компании

является более низкая цена за счет того, что груз при прохождении таможни не облагается пошлиной, как в случае, если товар пойдёт обычной доставкой. Рассматривая пример с «Aliexpress», рассмотрим прохождение грузом границы между государствами. Для того, чтобы покупатель убедился в легальности прохождения различных точек логистической цепочки поставки продукции ему предоставляется трек для отслеживания своего заказа, что гарантирует для компании-производителя следующие преимущества: увеличение лояльности покупателя к бренду; уверенность в доставке продукции; увеличение скорости поставки продукции; увеличение числапродаж; расширение целевой аудитории. Перечисленные преимущества могут стать важным фактором усиления позиции компании в конкурентной борьбе [3].

Описанные выше преимущества характерны для Интернет-гипермаркета «Aliexpress», что подтверждают цифры, указанные на официальном сайте магазина. За время сотрудничества данного Интернет-магазина с КАРГО-компаниями объем оптовых поставок вырос на 11%, а количество повторных заказов увеличилось практически в 2 раза за 2016 – 2018 годы. Возросла скорость поставок продукции, о чем свидетельствуют отзывы покупателей «Aliexpress» в сравнении с периодом, когда компания не заключала договоров с КАРГО-компаниями и не предоставляла покупателям новый формат поставки с возможностью отслеживания груза [4, 5].

На сегодняшний день требования к поставке становятся более высокими, компании должны использовать все средства, чтобы оставаться конкурентоспособными и иметь прибыль. Без внедрения современных технологий процесс увеличения показателей эффективности предприятия может остановиться. Для выхода из данной ситуации компании начинают использовать описанные выше инновационные технологии. Темпы развития работы по данным направлениям свидетельствуют о высоком уровне понимания значимости таких нововведений. Целесообразность использования данных технологий определяется необходимостью постоянного повышения конкурентоспособности компаний.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Эксперт online. Индустрия 4.0 (2018). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://expert.ru/expert/2016/40/industriya-4_0/ (Дата обращения 21.09.18).

2. Логистика и управление цепями поставок: учебник / В.В. Щербаков и др. – Москва: Юрайт, 2015.

3. Красюк И.А. Конкурентные отношения в розничной торговле//Экономика и предпринимательство. 2015. № 9-2 (62). С. 879–883.

4. Статистика площадки Aliexpress. [Электронный ресурс]. – URL: http://pickpoint.ru/ali/p/about-aliexpress/stat/ (Дата обращения 21.09.18).

5. Aliexpress.com возглавил рейтинг самых популярных в России интернет-магазинов. [Электронный ресурс]. – URL: http://top-rf.ru/business/134-aliexpress-com-vozglavil-rejting-samykh-populyarnykh-internet-magazinov.html (Дата обращения 19.09.18).

УДК 339.37

А.И. Барбарук
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ТОРГОВОЙ КОМПАНИИ

Процессный подход – мировой тренд развития ведущих производственных и торговых компаний. Методики процессного управления сложны благодаря своей многоаспектности [1]. Однако внедрение методик процессного управления необходимо в рамках постоянно растущей рыночной конкуренции.

Тема статьи актуальна, так как применение процессного подхода к управлению является важным аспектом стандартов серии ИСО 9000. Более того, акцент на выбор инновационных методов к организации торговли ставится в государственных программах «Научная технологическая инициатива» и «Цифровая экономика».

Теоретические методы исследования: изучение и обобщение научной литературы о системах электронного документооборота. Эмпирические методы исследования: сравнение, синтез и анализ данных среды моделирования AnyLogic PLE.

Целью работы является оценка бизнес-процессов торговой компании.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

– изучить теоретический материал о бизнес процессах и методик их оценки;

– рассмотреть особенности бизнес-процессов торговой компании и дать оценку;

– объяснить эффект от применения процессного подхода к организации и управлении.

Бизнес-процесс торгового предприятия – это системно-замкнутый процесс связанных между собой, упорядоченных и повторяющихся действий, в результате которых используются ресурсы предприятия для переработки объекта с целью достижения определенного измеримого результата – получения прибыли, оказывающие межфункциональное воздействие на структурное подразделение или отдельного работника организации, удовлетворяющие целевого покупателя [2].

В условиях возникновения кризиса управления в торговых компаниях процессный подход стал способов выявления проблем организации торговли. Процессный подход – способ управления сложной системой процессов, взаимодействующих внутри предприятия. Именно процессный подход дает возможность управлять элементами общей системы. Становится реальным осуществлять проектирование, планирование, оптимизацию и контроль одновременно.

Бизнес-процессы торговой компании классифицируются системным и традиционным способом. Согласно системному подходу бизнес-процессы могут делиться на управленческие, поддерживающие и операционные.

Управленческие бизнес-процессы выполняют функции анализа, планирования, обслуживания клиентов, контроля товарных запасов торгового предприятия. В рамках инновационной деятельности управление осуществляется путем введения инновационных моделей маркетингового управления: бренчмаркинг, инжиниринг, реинжиниринг, аутсорсинг и др.

Поддерживающие бизнес-процессы выполняют функцию обслуживания торговых и технологических операций. К таким процессам относится деятельность отдела кадров, бухгалтерский учет, административно-хозяйственный учет. Данная группа бизнес-процессов неразрывно связана с инновационной политикой предприятия. Успешность их протекания зависит от интенсивности применения цифровых технологий.

Операционные бизнес-процессы выполняют функцию создания товара и доведения его до потребителя. К операционным бизнес-процессам относят производственную систему, которая является надстройкой торгово-технологической системы, маркетинг и продажи, налоговый контроль и снабжение. Инновационная активность в рамках операционного компонента позволит ускорить качество выпускаемой продукции или услуг, реализацию продукта на рынке сбыта.

Традиционный метод рассматривает бизнес-процессы как торгово-технологический процесс, включающий в себя коммерческие и технологические процессы [3]. К коммерческим процессам относится изучение спроса населения, формирование ассортимента, продажа товаров и обслуживание покупателей, изучение конъюнктуры рынка, реклама, маркетинг и др. К технологическим операциям относится транспортировка и разгрузка товаров, приемка их по количеству и по качеству, хранение товаров, подготовка товаров к продаже, выкладка на торговом оборудовании, внутримагазинное перемещение товаров.

Набор бизнес-процессов торговой компании не является стандартным, для каждой компании он индивидуален. В каждом предприятии важна системность процессного подхода (рис. 1).

Рис. 1. Системный комплекс розничной торговли [разработан автором]

Рис. 2. Состав процессного управления торгового предприятия [разработан автором]

Системность процессного подхода заключается во взаимосвязи управленческой, торгово-технологической и производственной системы [4]. Для оценки бизнес-процессов торговой компании рассмотрим состав процессного управления торгового предприятия на рис. 2.

Для процессного управления характерно четкое распределение функционала между работниками предприятия. При этом каждый элемент управленческой цепи выполняет конкретное действие (подпроцесс). На протекание каждого процесса оказывают влияние инновационные формы, информация, электронные деньги, конъюнктура рынка, внешние условия, модернизация и др.

Инновационным решением данной процессной модели является применение системы электронного документооборота (СЭД) [5]. Исходя из представленных на рис. 2 данных следует, что СЭД применяется на каждом этапе бизнес-процесса торгового предприятия.

Оценка результата от внедрения СЭД в бизнес-процессы торгового предприятия может выражаться качественными и количественными факторами.

Качественный эффект может быть выражен несколькими факторами: сокращение временных затрат на обработку информации; снижение инертности организации благодаря ускорению процесса принятия решений; объединение бизнес-процессов в единый цикл делопроизводства; качественный контроль за исполнением движения документооборота; ускорение процесса принятия управленческих решений; быстрое реагирование на возникшие проблемы в ходе протекания бизнес-процессов; повышение надежности сохранения конфиденциальной информации; снижение риска потери документации; улучшение общей экологической обстановки благодаря экономии бумажных ресурсов.

В качестве количественного фактора может выступать показатель времени. Оценка временного показателя применяется с помощью среды моделирования AnyLogic PLE.Сравнительный анализ временных затрат на осуществление операций с документацией до и после внедрения системы электронной документации представлен в табл. 1.

Таблица 1. Временные затраты на осуществление операций с документацией до и после внедрения системы электронной документации [разработана автором]

№	Операция	Среднее время выполнения до внедрения СЭД, ч	Среднее время выполнения после внедрения СЭД,ч
1	Регистрация входящего письма	0,3	0,03
2	Регистрация внутреннего документа	0,3	0,03
3	Определение ответственных лиц за исполнение	0,3	0,01
4	Сбор необходимых данных для ответа	7,00	1,00
5	Поиск аналогичных ответов	4,00	0,50
6	Подготовка ответа на письмо	3,00	0,40
7	Организация процесса согласования документа	5,00	0,24
8	Организация и подготовка совещаний	4,00	0,31
9	Напоминание срока исполнения письма	0,40	0,00
10	Передача письма на ознакомление и исполнение	0,50	0,00
11	Перевод бумажного документа в электронный вид	2,00	0,00
12	Восстановление документа в случае его утери	0,50	0,00
13	Подготовка документа к отправке, печать адресов	0,30	0,07
14	Подготовка документа к отправке, печать реестров отправки	0,40	0,10
15	ИТОГО	28,00	2,69

На основе данных, приведенных в табл. 1, необходимо отметить, что общая экономия внедрения СЭД в систему бизнес-процессов составляет 25,31 часа, что свидетельствует о целесообразности использования данной модели. Полученные результаты доказывают необходимость внедрения и использования СЭД для ускорения протекания бизнес-процессов. Можно сказать, что процессный поход является одним из самых эффективных методик управления предприятием. Для повышения эффективности бизнес-процессов необходимо

проводить обучение сотрудников методикам процессного управления, обеспечить четкое распределение рабочих функций, вводить инновационные формы на всех стадиях торгово-технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Виноградова Е.В. Особенности бизнес-процессов управления торговыми предприятиями // Вестник Донецкого государственного университета экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. 2012. № 4.

2. Новоселова Н.В. Стандартизация бизнес-процессов в рознице // Журнал «Управление магазином». 2009. № 9.

3. Красюк И.А., Дубищева Е.Е. Научно-прикладные рекомендации по организации маркетингового управления торгово-технологической системой в розничной торговле: монография. – Ростов н/Д.: ДГТУ, 2015. – 155 с.

4. Барбарук А.И. Направления совершенствования торгово-технологического процесса посредством применения моделей маркетингового управления. // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. Сборник трудов научно-практической и учебной конференции. 2018. С. 41–46.

5. Филяк П.Ю. Системы электронного документооборота, ECM-системы. – Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского гос. ун-та, 2014. – 108 с.

УДК 005.6

А.А. Бречко, М.С. Первов, Ю.И. Стародубцев
Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Актуальность проводимых исследований обусловлена широким использованием распределенных систем в жизни общества. *Целью исследования* является обоснование подхода управлению качеством распределенных систем. Основными *методами исследования* являются методы теории систем.

Развитие науки и техники приводит к появлению и все большему использованию в жизни общества систем различного рода. При этом монотонно возрастает как сложность используемых обществом систем, так и жесткость требований, предъявляемых к ним. Это можно проследить на примере развития сети связи, по которой в 1969 году было передано первое сообщение из Калифорнийского университета (г. Лос-Анджелес) в Стэнфордский исследовательский институт (г. Стэнфорд), и к настоящему времени трансформировавшейся в новое кибернетическое пространство, неразрывно взаимосвязанное с деятельностью общества.

Термин киберпространство (КП) имеет множество определений, однако авторы трактуют его как масштабируемую, неоднородную искусственную систему с сетецентрическим управлением, обеспечивающую процессы генерации, передачи, хранения, обработки и потребления информации, в интересах разнородных, в том числе антагонистических систем управления, в которой свойства (характеристики) элементов зависят от собственных характеристик, объема и свойств реализуемых процессов в интересах внутренних и внешних потребителей [1].

Зависимость общества от киберпространства, является причиной определенных требований к качеству его функционирования и предоставляемых услуг. Например, в соответствии с [2], к сетям связи общего пользования предъявлены требования по количеству несостоявшихся вызовов, времени отклика узла связи, задержке передачи пакетов, количеству ошибок и т.д.

Потребители ресурсов КП, как правило, решают разнородные, несвязанные между собой задачи, соответственно требования к КП, предъявляемые каждым пользователем, будут также разнородными, как по перечню, так и по количественным значениям.

Управление качеством функционирования КП, как распределенной системой, в условиях сетецентричности управления, большого количества разнородных, в том числе антагонистических, пользователей является важной и актуальной проблемой.

Управление, в широком смысле – это целенаправленное воздействие одной системы на другую с целью изменения ее поведения в определенном направлении. Основной характеристикой управления является цикл управления, обобщенно он состоит из следующих повторяющихся этапов: исследование состояния объекта управления, генерация управляющего воздействия, оценка изменения состояния объекта. Основой управления, влияющей на все этапы цикла управления, являются целевые требования к объекту управления.

КП является сложной системой, соответственно обладает определенными чертами:

- отсутствие четкого математического описания;
- стохастичность поведения;
- «нетерпимость» к управлению;
- нестационарность;
- сложность воспроизводства экспериментов.

Классически, в теории управления качеством предполагается, что требования к качеству выдвигаются потребителем. Однако, сложность КП такова, что потребитель, зачастую неспособен использовать его ресурсы без должной подготовки, а не то что выдвигать адекватные и обоснованные требования. Фактически, состояние КП, как некоторого ресурса, всегда является компромиссным, удовлетворяя требования одних пользователей в большей степени, а других – в меньшей.

С одной стороны, суть проблемы управления качеством функционирования КП заключается в том, что требования, предъявляемые к нему, даже одним пользователем, пусть и адекватные, зачастую противоречивы. А комплексные требования к КП, являющиеся интеграцией требований всех пользователей, не только более противоречивы, но с большой долей вероятности не могут быть выполнены единовременно, поскольку такого состояния КП, удовлетворяющего требованиям всех потребителей, может не существовать вовсе.

В случае, если такое состояние системы существует и его возможно добиться, то учитывая динамичность изменения КП, поддержание его состояния (свойств) в требуемых пределах в течение определенного времени также не является тривиальной задачей.

С другой стороны, суть проблемы заключается в предъявлении требований конкретному оператору связи в отношении качества функционирования всего КП. Фактически предъявляются требования к тому, что конкретному оператору не принадлежит в полной мере в виду сетецентричности управления КП.

В общем виде управление, в том числе управление качеством функционирования распределенной системы – сложный процесс, состоящий из следующих этапов, представленных на рис. 1.

Как видно из рис. 1, одним из важных подпроцессов процесса управления сложным объектом, в частности, распределенной системой – КП, является моделирование объекта. Авторами разработаны, запатентованы новые способы моделирования: «Способ моделирования преднамеренных повреждений элементов сети связи, функционирующей в интересах разнородных, в том числе антагонистических, систем управления» и «Способ динамического моделирования сетей связи с учетом взаимной зависимости их элементов» [3, 4]. На основе вышеописанных способов разработаны модели: «Модель сети связи, обслуживающей антагонистические системы управления» и «Динамическая модель сети

связи, функционирующей в условиях разнородных деструктивных воздействий», на которые получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ [5, 6].

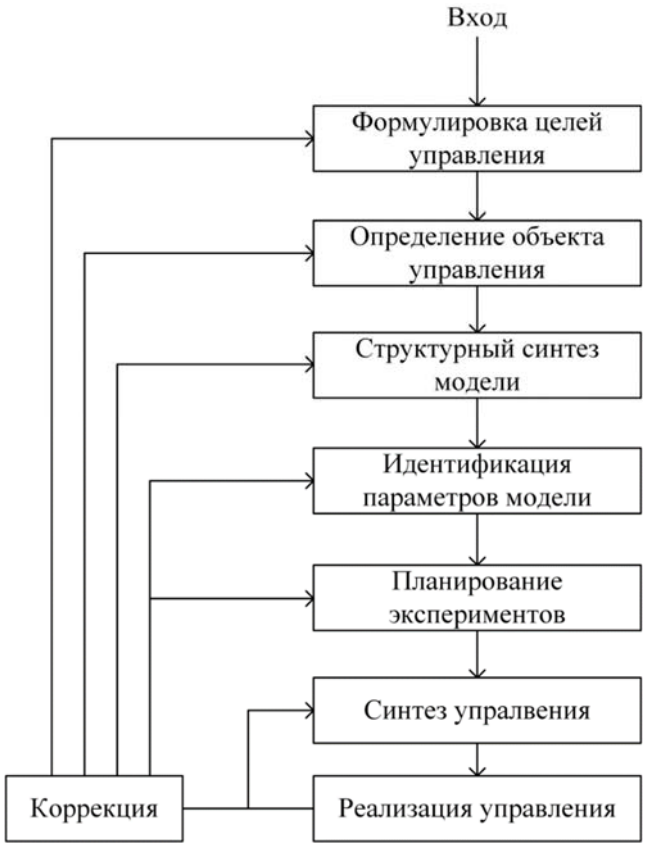


Рис. 1. Этапы управления сложным объектом

Одним из направлений решения проблемы управления качеством функционирования распределенной системы является пересмотр существующего формата требований к КП.

Анализ показал [7–9], что в настоящее время большинство требований по каждому свойству КП представляет собой множество допустимых значений показателя свойства и записывается, как правило, в виде:

$$П \geq Птр,$$

где П – значение показателя свойства, Птр – критериальное (предельно-допустимое) значение показателя.

КП обладает множеством свойств, соответственно указанная проблема возникает при предъявлении требований, как минимум, к двум из них. Системность КП ведет к взаимной зависимости его свойств, притом сложность КП определяет сложность выявления закономерностей этой зависимости.

Существующий формат требований к КП обладает рядом недостатков, в том числе абстрактностью показателей, стационарностью критериев во времени и т.д., однако, главным недостатком является агрегативный подход к оценке КП, означающий, что требования, предъявляемые к одному свойству, не учитывают требований, предъявляемых к другим свойствам.

Системный подход при предъявлении требований к сложным объекта был предложен в работе «Проблема формирования системы показателей для оценки защищенности информационно-телекоммуникационных сетей» [10], сущность которого заключается в формировании «кольца баланса» – взаимосвязанной системы показателей.

Приведение системы в требуемое состояние (или изменение состояния) происходит в результате применения объектом управления управляющих воздействий. Под управляющим воздействием авторы понимают некоторый акт использования ресурсов (сил, средств), направленный на изменение состояния системы в необходимом направлении. При этом в отношении КП, фактически отсутствуют управляющие воздействия, влияющие лишь на одно его свойство, поэтому изменение одного свойства КП влечет изменение других свойств КП и не всегда в требуемом направлении.

Учитывая вышеописанное, проблема управления качеством функционирования распределенной системы (КП) сводится к установлению взаимной зависимости свойств системы и управляющих воздействий, а также формированию оптимального соотношения между значениями показателей, при которых обеспечивается наилучшее качество функционирования системы (КП) для конкретного пользователя или группы пользователей.

Предлагаемая авторами система требований к распределенной системе, в частности к КП должна учитывать:

1. Необходимые субъекту управления (пользователю) свойства КП.
2. Зависимость свойств КП друг от друга.
3. Перечень возможных управляющих воздействий (сил, средств).
4. Зависимость состояния КП от управляющих воздействий.
5. Изменение во времени взаимной зависимости свойств КП.
6. Изменение во времени зависимости состояния КП от управляющих воздействий.

Новая система требований к КП – множество, изменяющихся во времени, вариантов управляющих воздействий, направленных на приведение или удержание КП в состоянии, при котором качество функционирования вышестоящей системы (системы использующей ресурсы КП) находится в заданных пределах.

Результаты. Авторами обоснован новый подход к оценке распределенных систем, а также разработаны и запатентованы новые способы моделирования распределенных систем, функционирующих в различных условиях.

Выводы. Предложенный авторами новый подход к формированию требований к распределенным системам позволит повысить качество управления такими системами за счет генерации более адекватных управляющих воздействий, которые учтут взаимную зависимость свойств управляемой системы и ее динамику.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Стародубцев, Ю.И Управление качеством информационных услуг / Ю.И. Стародубцев, А.Н. Бегаев, М.А. Давлятова / под общей редакцией Ю.И. Стародубцева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 454 с.

2. Требования к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования / утв. пр. Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 27.09.2007 № 113. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.garant.ru.

3. Способ динамического моделирования сетей связи с учетом взаимной зависимости их элементов // Бречко А.А., Вершенник Е.В., Латушко Н.А., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. // Патент на изобретение РФ № 2665506 от 30.08.20118 г. // Заявка № 2017142055 от 01.12.2017 г.

4. Способ моделирования преднамеренных повреждений элементов сети связи, функционирующей в интересах разнородных, в том числе антагонистических систем управления // Бречко А.А., Бухарин В.В., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. // Патент на изобретение РФ № 2655466 от 28.05.20118 г. // Заявка № 2017127332 от 31.07.2017 г.

5. Модель сети связи, обслуживающей антагонистические системы управления // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618199 от 10.07.2018 г. // Заявка № 2018615495 от 28.05.2018 г. // Автор и правообладатель А.А. Бречко.

6. Динамическая модель сети связи, функционирующей в условиях разнородных деструктивных воздействий // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018616409 от 01.06.2018 г. // Заявка № 2018614013 от 19.04.2018 г. // Автор и правообладатель А.А. Бречко.

7. Бречко А.А., Стародубцев Ю.И. Подход к повышению качества функционирования сложных систем в условиях деструктивных программных воздействий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. 2017. С. 421–423.

8. Бречко А.А. Защита от кибератак на основе нестационарности сети связи // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018) VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сборник научных статей. В 4-х томах. Под редакцией С.В. Бачевского. 2018. С. 89–92.

9. Стародубцев Ю.И., Бречко А.А. Способ определения времени квазистационарного состояния процесса в целях повышения интеллектуализации принимаемых управленческих решений // В книге: Нейрокомпьютеры и их применение XVI Всероссийская научная конференция: тезисы докладов. 2018. С. 109-А.

10.Стародубцев Ю.И. Проблема формирования системы показателей для оценки защищенности информационно-телекоммуникационных сетей / Ю.И. Стародубцев, А.А. Евграфов, Е.В. Сухорукова // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2014. – № 3 (7). С. 80–86.

УДК 347.214.2

И.А. Ечкало, Т.С. Хныкина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ СЕРВИСА НЕДВИЖИМОСТИ В РОССИИ

Актуальность работы. Недвижимость составляет основу национального богатства России. Анализ, оценка и прогноз развития рынка жилой недвижимости и современных тенденций качества сервиса недвижимости будут в существенной степени определять экономическое позиционирование и обеспечивать условия для стабильного развития рынка недвижимости России.

Цель работы – выявление основных тенденций качества сервиса недвижимости в России. *Задачи исследования:* изучение рынка недвижимости, изменений в законодательстве, оценка нововведений и анализ тенденций качества сервиса недвижимости. *Методы исследования.* Анализ современной ситуации на рынке недвижимости, синтез данных для обоснования.

Сфера недвижимости России напрямую зависит от тенденций мирового рынка недвижимости и кризисных явлений в международной. По показателям первой половины 2018 года наблюдается рост кредитоспособности населения России. Темпы роста розничного кредитования составили 12,7%, сравнимая с 2016 годом, темпы роста которого составили 1,1%. На конец 2017 года доля просроченной задолженности снизилась до 6,98%, что показало минимальный уровень с апреля 2015 года [1]. Объем выдачи ипотеки вырос на 40 % и составил 2 трлн рублей, что показывает наиболее сильный прирост среди кредитов. Снижение стоимости ипотечного кредитования способствовало тому, что рост выдачи кредитов составил 30% в количественном отношении и 40% в денежном, а ставка по ипотеке снизилась в среднем до 9,5%. При такой тенденции в дальнейшем прогнозируется рост ипотечного кредитования, однако есть небольшая вероятность повышения процентных ставок, что может замедлить рост рынка недвижимости России. Эксперты отмечают оживление российского рынка недвижимости, заемщики все еще погашают задолженности за счет продажи квартир.

Одной из тенденций качества сервиса недвижимости России стало внесение поправок в законе о долевом строительстве. Договор долевого участия давно стал основным способом покупки квартиры в строящемся доме. С 1 июля 2018 года вступили в силу поправки в законе «Об участии в долевом строительстве». Вместе с этим изменится схема приобретения квартир, а также в новой модели рынка недвижимости снизятся риски для покупателей.

Основной целью данного нововведения является защита прав покупателей квартир. Схема приобретения квартиры предполагает внесение средств на эскроу-счета, деньги с

которых застройщики могут использовать по мере строительства (рис. 1). Такие кардинальные изменения в законодательстве затрудняют вход в систему строительства, тем самым сокращая число строительных компаний, что снизит объем ввода жилья и приведут к росту цен на жилую недвижимость.

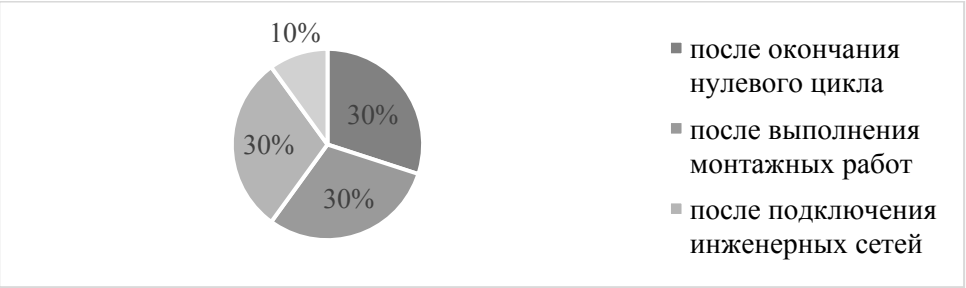


Рис. 1. Порядок использования средств на эскроу-счетах застройщиком

Эскроу-счета – банковский продукт целевого назначения. Механизм заключается в том, что физическое лицо заключает договор с банком о том, что открывает счет и кладет на него средства в размере стоимости квартиры, а банк под обеспечение этой суммы открывает кредитную линию застройщику. Рост средств на эскроу-счетах приведет к росту кредитных средств застройщика, а также сократит процент за кредит, который он заплатит. Данное нововведение сохраняет заинтересованность застройщиков в привлечении средств покупателей, но уже не в виде прямого платежа, а в виде открытых эскроу-счетов [2]. Кроме того, дополнительные гарантии для покупателей жилья, цена которого менее 10 миллионов рублей, также обеспечит Агентство по страхованию вкладов. Данный сегмент покупателей получит государственную защиту своих инвестиций.

Риски при новой модели рынка недвижимости снижаются. После принятия законопроекта часть малых и средних предприятий-застройщиков не выдержат конкуренции и покинут рынок. Эксперты отмечают, что в таких конкурентных условиях смогут остаться только застройщики, афилированные с банками, либо имеющие долгосрочные отношения с банковскими структурами. Обновленная схема отношений покупателей и застройщиков после окончательного введения изменений представлена на рис. 2.

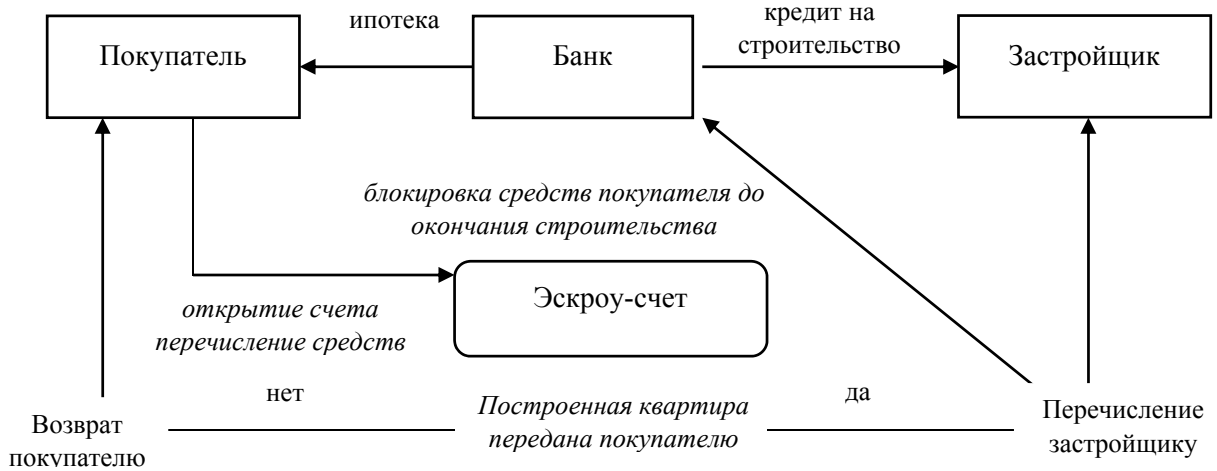


Рис. 2. Схема отношений на рынке долевого строительства с 1 июля 2019 года

Сокращение объема предложения на рынке недвижимости, как и изменение в законодательстве о долевом строительстве, приведет к росту цен. Застройщики также вынуждены реагировать на изменение стоимости материалов и валютной составляющей, которая влияет на ту долю себестоимости строительства, которая напрямую зависит от

импорта. Таким образом, в течении нескольких лет стоимость квартир в новостройках может вырасти на 30 процентов.

Таким образом, можем выделить три основных тенденции развития рынка после введения поправок в законодательстве о долевом строительстве.

Во-первых, участниками рынка недвижимости являются исключительно профессиональные специализированные компании. Это связано с новыми правилами, согласно которым, многоквартирные дома могут строить только те компании, которые имеют опыт в этой сфере не менее трех лет. Кроме того, введена поправка о минимальном уставном капитале, размер которого должен быть не менее 10 процентов от общей проектной стоимости строительства объекта. Таким образом, новые застройщики войти на рынок не смогут, что может привести со временем к монополизации рынка, росту цен и снижению качества строительства.

Во-вторых, открытость перед клиентом. Нововведения должны повлиять на оздоровление всего института долевого строительства, сделать его механизмы прозрачнее. Вся информация о компаниях-застройщиках и результатах их деятельности размещается в открытых источниках.

В-третьих, недавние поправки ввели запрет на работу по нескольким объектам одновременно, то есть одному застройщику дается одно разрешение на строительство и только один земельный участок. Такое правило может привести к удлинению сроков реализации проекта и повышению цен на недвижимость [3].

Таким образом, вводимое в стране жесткое регулирование рынка жилищного строительство может привести к уходу большого количества мелких застройщиков и консолидации рынка вокруг самых больших и стойких фирм. По мнению аналитиков, количество застройщиков на рынке сократится на 30–40%, что приведет к повышению цен на недвижимость и снижению покупательной способности россиян.

Современному состоянию рынка интернет-продвижения недвижимости в России способствует повышение интереса к интернет ресурсам как со стороны клиентов, так и со стороны риелторских компаний, которые являются основным рекламодателем на этом рынке. Взаимодействие покупателя и продавца в данном случает основывается на двухстороннем увеличении интереса общества к интернету и росте доступности и ширины каналов, что приводит к упрощению коммуникации.

В России на данный момент создаются благоприятные условия для продвижения риелторских услуг и объектов недвижимости через интернет. По данным агентства «Бюллетень недвижимости» многие клиенты рынка недвижимости боятся обмана. Только 30% опрощенных работают с агентствами недвижимости через риелторов, остальные же стараются решать данный вопрос самостоятельно. Основным источником информации, к которому обращаются 80% опрошенных, является сеть Интернет. Анализируют предложения в данной сети пользователи в среднем 21 день. Также статистикой доказано, что прежде чем совершить звонок, пользователь вводит около 34 поисковых запросов. Что касается непосредственно звонка, то 73% пользователей после его совершения продолжают свой поиск в сети. Это связано с тем, что объявления часто не соответствуют действительности, на сайтах компаний не всегда размещена полная и достоверная информация об объекте недвижимости. Сайтами ведутся работы по улучшению сервисов. Например, на сайте cian.ru не так давно появился статус «Работаю честно», который получает преимущество в размещении объявлений на странице. Кроме того, на многих сайтах появляются блоки отзывов и рейтинги компаний, агентов и агентств, что может поспособствовать выбору клиента.

Еще одной важной тенденцией в этой сфере является то, что клиенты предпочитают получать не ответные звонки, а сообщения. По данным Survey Monkey, 75% опрошенных ждут ответных сообщений. В отличии от 2012 года, когда только 27% людей пользовались мессенджерами и 59% в 2015 году [4].

В настоящее врем тенденция у постоянной доступности сети Интернет и ее ресурсов для широкого круга пользователей является одной из основных. Это превращает данную сеть из средства поиска нужной информации в среду, в которой содержатся базовые незаменимые сервисы для человека. Пользователь уже не может обойтись без инструментов, которые предоставляет ему интернет-среда, и стремится иметь доступ к сервисам и мессенджерам в любое время и в любой точке мира. Этой потребности служат все разработки в русле конвергенции мобильных и интернет-технологий.

В связи с данной тенденцией в банках уже работает искусственный интеллект, который принимает заявки онлайн и принимает решения по поводу выдачи конкретной ипотеки. Такой сервис работает ночью и по выходным дням.

Кроме того, тестируются платформы для застройщиков, чтобы развернуть VR технологии. Данные разработки позволят покупателю не только смотреть объявления, буклеты и картинки квартиры или иного объекта недвижимости, но и виртуально побывать внутри и снаружи.

Таким образом, рынок недвижимости стремительно меняется, а это значит, что всем компаниям необходимо подстраиваться и соответствовать уровню информатизации, который задает рынок.

Еще одной тенденцией на современном рынке недвижимости является «смена элит». Стали формироваться и превращаться в движущую силу новые целевые аудитории потребителей.

На смену приходят новые поколения Y, люди, которые родились в период с 1985 по 2000 гг. и X (с 2000 года). Для потребителей этих поколений ключевым фактором становится комфорт. Качество жилья должно быть на высшем уровне, так, например, они предпочтут жилье с консьержем, новой планировкой и современным решением фасада. Покупатели предыдущего поколения X жили в коммунальных квартирах, они не столь категоричны в требованиях к комфорту проживания. Но это поколение становится менее активными участниками рынка, вскоре вовсе покинет его [5].

В связи с требованиями, которые задает потребитель, девелоперам необходимо совершенствовать систему строительства, технологии, квартирографию, кроме того, становится более оптимальным метраж, появляются новые опции в рамках основных классов.

Так, для удовлетворения потребностей обновленного потребителя, агентствам недвижимости и застройщикам необходимо адаптировать свою работу и каналы обработки, передачи информации.

Клиент – самый привилегированный участник рынка недвижимости. Современные технологии позволяют использовать удобные механизмы поиска информации и изучения рынка, что ведет к принятию взвешенных решений на базе заранее определенных критериев. Сайты недвижимости – не только базы данных, то и аналитический инструмент, позволяющий сравнить различные варианты решений и принять самое оптимальное для потребителя.

Риелторы на сегодняшний день скорее не брокеры, а консультанты. Доступность информации снижает ее долю в добавленной стоимости услуги риелтора. В то же время обилие информации обесценивает ее в отсутствии механизмов выбора, анализа и обобщению Риелтор уже становится узкопрофильным аналитиком, который помогает потребителю осознать свои потребности и найти для них наилучшее решению. Профессия риелтора поднимается на новый уровень консультанта, интеллектуальная насыщенность труда риелтора, а также использование самых современных технологий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инфографика. Доля просроченных населением банковских кредитов в регионах. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.riarating.ru/infografika/20180327/630087088.html. Дата обращения: 10.09.2018.

2. Официальный сайт редакции газеты «Вечерняя Москва». [Электронный ресурс]. – URL: https://vm.ru/ (дата обращения 10.09.2018).
3. Компьютерная справочная правовая система «КонсультантПлюс». [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения 11.10.2018).
4. Материалы конференции «Re.Формация. Цифровая революция рынка недвижимости». [Электронный ресурс]. – URL: http://nsp.ru/events/137-mmir_reformation_conference (дата обращения 11.10.2018).
5. Официальный сайт газеты «Коммерсантъ». [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/3577455 (дата обращения 11.10.2018).

УДК 339.138

А.С. Зубрилова, К.Н. Харченко, М.Б. Яненко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

DIGITAL-ИННОВАЦИИ В ТРЕЙД-МАРКЕТИНГЕ НА ПРИМЕРЕ ТРАНСФОРМАЦИИ КОМПЛЕКСА 4Р

Введение. В современном мире технологии развиваются со стремительной скоростью и основательно меняют нашу жизнь. Потребителей уже не удивишь такими привычными вещами, как высокоскоростной обмен информацией и умная техника: от термодатчиков и энергосберегающего LED-освещения до интеллектуальных бытовых приборов и роботов. Огромное количество инноваций изменило привычный образ жизни потребителя и прочно укоренилось в его сознании. Трейд-маркетинг также получил мощный импульс в развитии благодаря инновационным технологическим процессам. Широкое распространение мобильного интернета, доступность устройства для его использования и сложное программное обеспечение вместе с технологиями беспроводного доступа предоставили толчок для прорыва в торговом маркетинге. Другими словами, многообразие инноваций повлекло за собой изменение не только всех сфер жизни потребителя, но и комплекса маркетинга: технологии изменили продукт, который мы потребляем, процессы его выбора и покупки, а также место её совершения.

Актуальность. Актуальность работы определяется активным ростом и значительным разнообразием digital-инноваций, которые применяются в сфере продаж и продвижения товаров [1]. Постоянно меняющаяся цифровая среда рынка обуславливает изменение комплекса маркетинга как такового, что в свою очередь влечет за собой необходимость маркетологам быстро реагировать на происходящие перемены и новшества.

Цель исследования – проанализировать влияние цифровых инновационных технологий на изменение комплекса маркетинга и выявить основные тенденции его изменения в условиях цифровой среды.

Чтобы достичь данной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить применяемые digital-инновации в трейд-маркетинге;
- выявить их влияние на изменение комплекса маркетинга;
- проанализировать тенденции изменения комплекса маркетинга под влиянием цифровых инноваций.

В данной работе применяются следующие общенаучные *методы исследования:* сравнение, синтез, анализ и наблюдение.

Говоря о влиянии digital-инноваций на изменение способа продвижения товаров, стоит обратить внимание на устройства с беспроводными сенсорами, в частности, на технологию Physical Web, представляющую из себя небольшие bluetooth-маячки, которые позволяют обмениваться данными со смартфонами.

Сейчас есть три основных воплощения данной технологии: iBeacon, AltBeacon, Eddystone. Приложение, установленное пользователем на смартфон, оповещает его о действующих акциях, скидках и предложениях, высылая ему персонализированное сообщение, которое может быть интересно клиенту [2].

Данная технология позволяет компаниям узнавать об интересах и предпочтениях покупателей, их действиях не только в интернете, но и в реальной жизни, другими словами, иметь тотальный «customer journey».

Согласно результатам исследования, проведенного Business Intelligence, на сегодняшний день в мире около 4,5 млн активных маячков iBeacon, из которых 3,5 миллиона приходится на долю маячков, используемых в торговой сфере (рис. 1). Это доказывает, что технология эффективна и востребована в трейд-маркетинге [3].

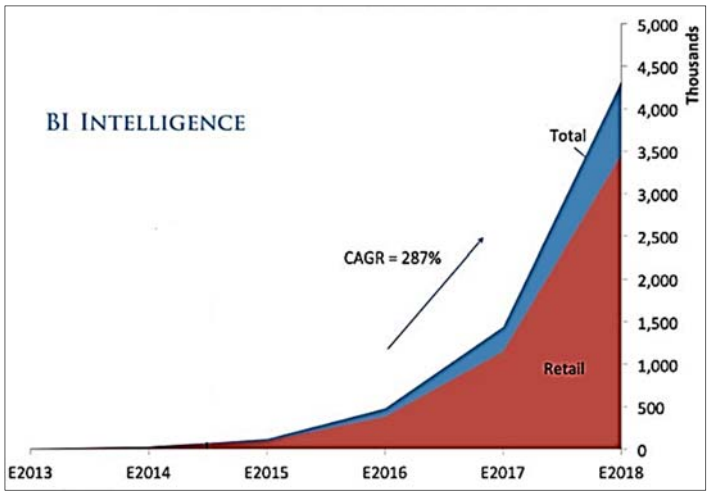


Рис. 1. Тенденция изменения количества установленных beacons

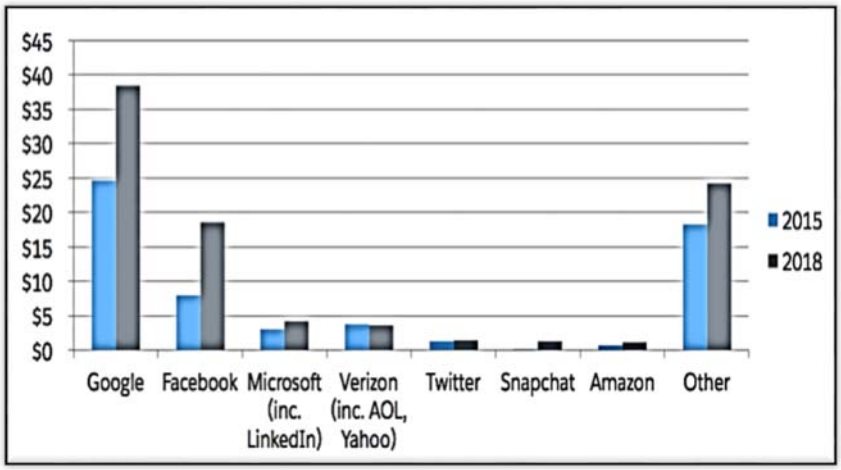


Рис. 2. Рост прибыли социальных сетей от рекламы

Рассматривая развитие технологий в SMM, можно сказать, что значение социальных сетей теперь рассматривается не в качестве социальных платформ, а как часть маркетингового микса, поскольку социальные площадки сегодня – одни из наиболее действенных методов расширения охвата, взаимодействия с целевой аудиторией и развития бизнеса. В настоящее время прибыль Facebook от рекламы больше, чем у самых крупных телевизионных каналов (рис. 2); Instagram популяризирует 15-секундные видео (Stories), которые представлены как рекламные ролики. Данная тенденция будет сохраняться и в будущем.

Дистрибуция товаров также видоизменилась под воздействием современных цифровых технологий [1].

В современной цифровой среде бизнеса и торговли многие компании отдают предпочтение онлайн торговле, используя интернет-магазины. На данный момент наблюдается тенденция использования маркетплейсов и метапоисковиков для выбора и приобретения товара, таких как «Яндекс.Маркет», «Booking.com», «Aviasales». Данные площадки предоставляют больше информации о товарах потребителю, предлагая широкий выбор коммерческих предложений на одном сайте.

По данным научно-исследовательского института маркетинга GfK, значимость маркетлейсов при поиске товаров растет. В списке Топ-25 основных онлайн брендов в России присутсвуют такие площадки, как Яндекс.Маркет, Avito и другие (рис. 4) [4].

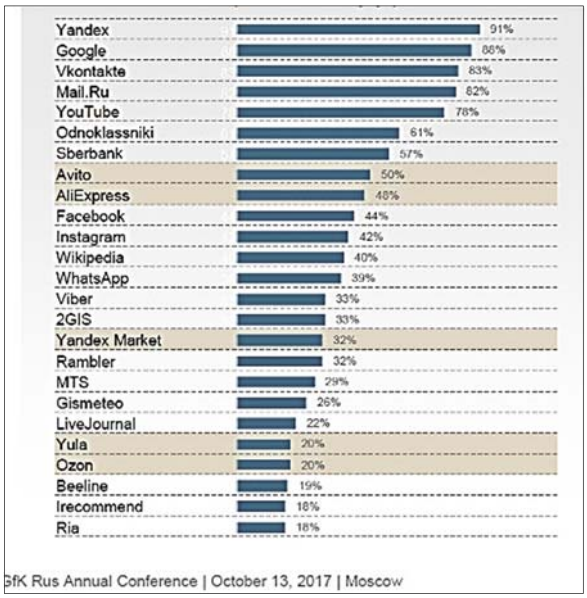


Рис. 3. Рейтинг основных онлайн-брендов и приложений

Мобильные приложения и интернет-площадки такого типа значительно упрощают процесс сравнения товаров и их последующей покупки для потребителя, используя инновационные разработки.

Маркетплейсы выгодны как потребителям, так и компаниям. Они аккумулируют инновационные технологии, стимулируют конкуренцию на рынке, дают возможность получать прибыль с минимальными стартовыми вложениями. Кроме того, формат маркетплейсов значительно улучшает коммуникации между продавцом и потребителем, используя цифровую историю взаимодействия (отзывы друг о друге с обеих сторон).

Что касается такого элемента комплекса маркетинга, как цена, в нем наблюдаются схожие тенденции.

Согласно исследованиям PWC, 60% покупателей в 2017 году приобретали товары у любимого ритейлера в виду того, что считали его цены оптимальными. Таким образом, цена является основным фактором, привлекающим аудиторию.

В случае с такой переменной комплекса маркетинга как цена, специальные онлайн-сервисы рассматриваются в качестве прайс-площадок или, по-другому, скидочных агрегатов.

Такими площадками являются «Едадил», «Tiendeo», «Скидки на электронику» – сервисы, в которых представлены скидки и акции на товары.

Также существует «cash back» – это сервисы, созданные посредниками компаний, которые осуществляют бонусные выплаты клиентам.

Увеличение доли прайс-площадок увеличило доступность информации о стоимости товара, и, как следствие, увеличилась чувствительность покупателя к цене. Внедрение инноваций в цифровую среду бизнеса и торговли привели и к изменению продукта как такого [1].

С активным развитием технологий потребитель всё больше времени проводит онлайн. Поэтому популяризируется такая категория, как виртуальный товар.

Виртуальный товар – это нематериальные объекты, которые приобретаются пользователями социальных сетей, виртуальных миров и онлайн-игр и могут использоваться только в специфической виртуальной среде, то есть не имеют материальной ценности в реальном мире.

Например, в социальной сети «Вконтакте» за «голоса» можно приобрести набор стикеров или подарок; «голоса», в свою очередь, приобретаются за деньги. Также популярной нишей в социальных сетях становится оформление платных подписок внутри интернет-ресурса. Так, видеохостинг «Youtube» запустил сервис для прослушивания музыки «YouTube Music», для получения доступа ко всем возможностям которого потребуется оформить платную подписку.

Продажа дополнительных покупок в онлайн-играх является очень прибыльным бизнесом. Например, «Entropia Universe» – виртуальный мир и онлайн-игра – представлена в Книге рекордов Гиннесса как получившая наибольшую прибыль в мире от продажи виртуальных объектов (2,5 млн. $).

Также успешно развивается рынок мобильных приложений. Его развитие осуществляется за счет постоянного обновления и модернизации электронных устройств.

Выводы и результаты исследования. С развитием цифровых технологий увеличивается доля продвижения товаров и услуг через интернет, в частности, через специальные приложения для смартфонов. Наблюдается тенденция персонализации товарного предложения на основе использования виртуального портрета покупателя и его геолокации, что позволяет компаниям узнавать об интересах и предпочтениях покупателей и их действиях не только в интернете, но и в реальной жизни, другими словами, иметь тотальный «customer journey». Все чаще местом продажи товаров становятся не конкретные сайты, а объединенные торговые онлайн-площадки. Данные площадки предоставляют больше информации о товарах потребителю, предлагая широкий выбор коммерческих предложений на одном сайте. За последние несколько лет активного использование digital-инноваций в онлайн-торговле у покупателя расширились возможности выбора продукта по наиболее оптимальной стоимости, что повлияло на его чувствительность к цене. Сам товар под влиянием цифровых инноваций перестает ассоциироваться у потребителей как нечто материальное, имеющее физическое воплощение в реальном мире, другими словами, он виртуализируется. Всё это подтверждает выдвинутые в начале исследования гипотезы о том, что благодаря постоянному развитию digital-маркетинга и существованию Интернет-платформ в целом, меняются элементы комплекса маркетинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яненко М.Б., Яненко М.Е. Маркетинг взаимодействия в информационной экономике: проблемы и перспективы развития интернета вещей – СПб.: 2014. – С. 1–5.

2. 5 инноваций в маркетинге, которые работают уже сейчас. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cossa.ru/152/104510/ (01.10.18).

3. THE BEACONS REPORT: Growth Forecasts For The Most Important Retail Technology Since The Mobile Credit Card Reader. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.businessinsider.com/beacons-are-the-most-important-new-retail-tech-2014-7 (01.10.18).

4. Исследование GfK: Тренды поведения россиян в интернете в 2017 году. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gfk.com/ru/insaity/press-release/issledovanie-gfk-trendy-povedenija-rossijan-v-internete-v-2017-godu/ (07.10.19).

УДК 339

И.Ю. Мошкин, Э.А. Назарова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНА: МНОГОФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ

Актуальность работы. Экспортный потенциал региона (далее ЭПР) представляет собой способность хозяйствующих субъектов, расположенных на данной территории, производить и реализовывать собственную конкурентоспособную продукцию на международных рынках [1]. ЭПР является одним из важнейших показателей аспектов внешнеэкономической деятельности региона, поэтому проблема выборадостоверной методики его оценки является актуальной.

Методы исследования: анализ, синтез, сравнение, измерение, индукция, дедукция.

Целью работы является оценка экспортного потенциала Санкт-Петербурга на основе разработанной автором многофакторной модели.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– разработать многофакторную модель оценки экспортного потенциала региона;

– провести сбор и первичную обработку необходимых статистических данных;

– провести анализ полученных данных;

– произвести оценку экспортного потенциала Санкт-Петербурга.

Оценка ЭПР в настоящее время производится с помощью количественных и качественных показателей, характеризующих общее состояние экономического развития и ресурсно-сырьевую базу региона. Существующие методики оценки [2–5] не позволяют в полной мере оценить экспортный потенциал региона, так как они:

– не учитывают все многообразие факторов, которые влияют на экспортный потенциал региона и в тоже время используют значительное количество факторов, лишь косвенно влияющих на потенциал;

– по определенному количеству факторов, влияющих на ЭПР отсутствует официальные статистические данные.

Например, одна из методик базируется на определении суммарного экспортного потенциала всех предприятий региона, производящих экспортную продукцию. Она включает в себя расчет таких показателей, как:

– эффективность производства экспортной продукции;

– удельный вес экспорта в общем объеме реализации продукции предприятия;

– удельный вес прибыли от экспорта продукции в общем объеме прибыли предприятия;

– рентабельность экспортных продаж;

– эффективность продаж экспортной продукции;

Данные показатели позволяют определить долю экспортной продукции в общей величине производимых товаров, прибыльность экспортной деятельности предприятия, наличие или отсутствие рентабельности экспорта, оценить эффективность продаж экспортной продукции и сделать выводы об успешности продвижения зарубежной продукции на иностранных рынках.

После расчета всех необходимых показателей полученные результаты сравниваются и делаются выводы об экспортном потенциале региона в целом.

Другая методика основана на расчете и анализе показателей, традиционно используемых в научной литературе и статистических отчетах:

– темп роста экспорта, характеризующий рост/снижение экспорта в анализируемом периоде по сравнению с базисным;

– темп роста внешнеторгового оборота, показывающий рост/снижение внешнеторгового оборота в анализируемом периоде по сравнению с базисным;

– экспортная квота, отражающая включенность региона во внешнеэкономические связи со стороны его экспорта;

– коэффициент открытости экономики, характеризующий развитие и сбалансированность внешней торговли;

– коэффициент эластичности экспорта, выявляющий зависимость роста экспорта от роста ВРП;

– коэффициент международной конкурентоспособности, отражающий долю «чистого» экспорта во внешнеторговом обороте.

Рассмотрим предложенную нами ранее [1] методику оценки ЭПР.

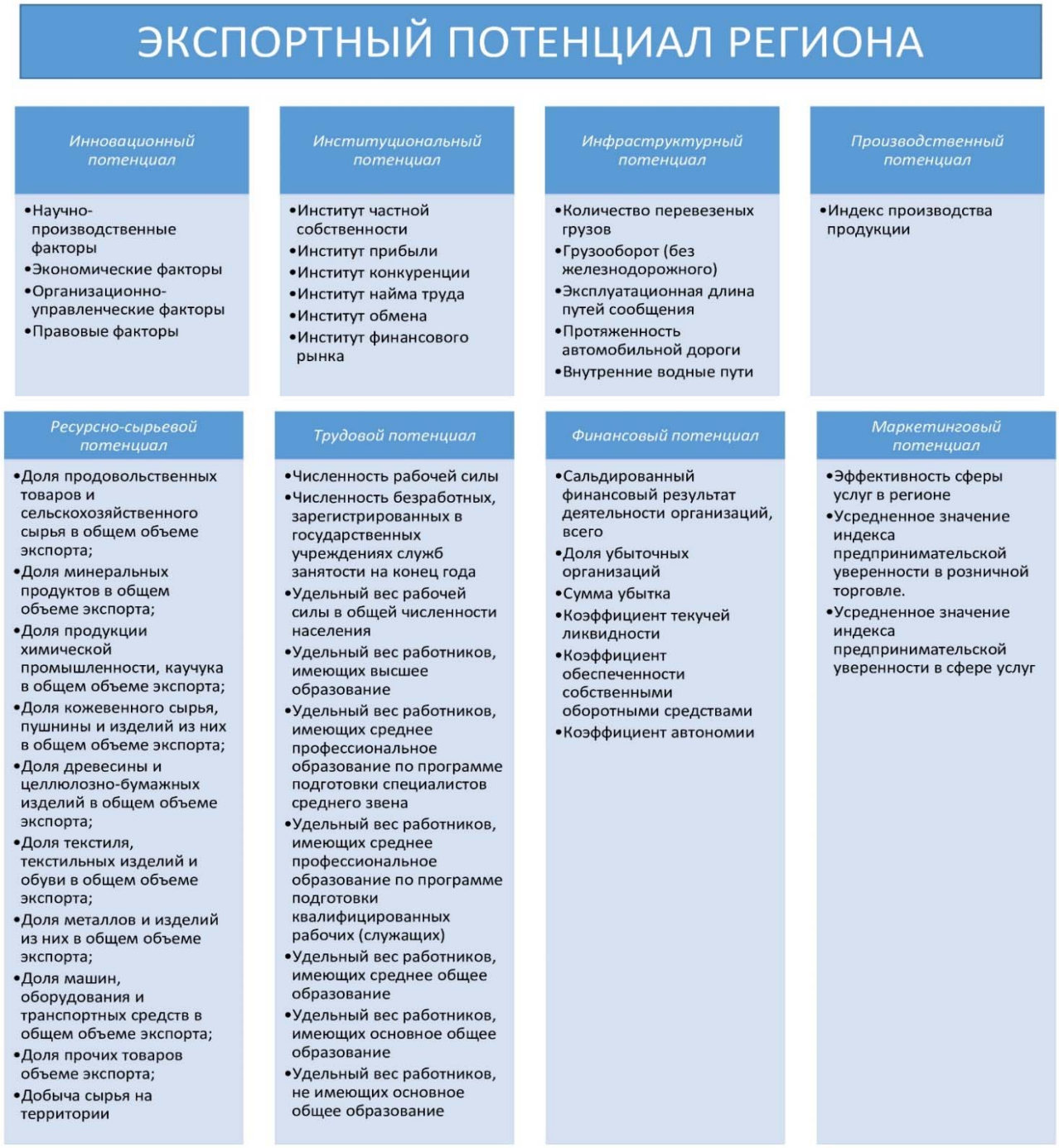


Рис. 1. Состав экспортного потенциала региона

Исходя из нее, экспортный потенциал региона представляет собой совокупность инновационного, институционального, инфраструктурного, производственного, ресурсно-сырьевого, трудового, финансового и маркетингового потенциалов. Иными словами, экспортный потенциал является суммой частных потенциалов территории. При этом каждая группа потенциалов характеризуется определенными показателями (рис. 1).

По каждому показателю рассчитывается удельный вес следующим образом: берется отношение показателя по региону к показателю по стране и умножается на 100%. Далее рассчитываются интегральные показатели по каждой из групп потенциалов по формуле

$$I=\sqrt[n]{Уд.\,в._1 \times Уд.\,в._2 \times \ldots \times Уд.\,в._n},$$

где I – интегральный показатель … потенциала региона; Уд. в.1,2,…,n – удельные веса по каждому из показателей.

Затем строится лепестковая диаграмма (рис. 2), на которую наносятся полученные интегральные показатели.

Рис. 2. Лепестковая диаграмма

На завершающем этапе происходит расчет площади фигуры, получившейся на лепестковой диаграмме, что и будет являться значением экспортного потенциала региона.

Данная методика также имеет ряд недостатков:

– наличие большого объема факторов, косвенно влияющих на ЭПР;

– отсутствие/сложность поиска некоторых статистических данных;

– громоздкость.

При этом к достоинствам можно отнести следующее:

– методика позволяет всесторонне рассмотреть ЭПР;

– проста в расчетах;

– наглядна.

Очевидно, что необходимо разработать такую модель оценки, которая будет учитывать исчерпывающее количество факторов, оказывающих прямое влияние на ЭПР, также будет проста в расчетах, понятна, наглядна и удобна.

На наш взгляд, реализованный экспортный потенциал региона можно представить в виде следующей многофакторной модели:

$$ЭПР = \frac{\text{Объем экспорта}}{\text{Валовой региональный продукт}} = \frac{\text{Объем экспорта}}{\text{Внешнеторговый оборот}} \times \frac{\text{Внешнеторговый оборот}}{\text{Валовой региональный продукт}}. \quad (1)$$

Иными словами, на экспортный потенциал региона оказывает прямое влияние доля экспорта во внешнеторговом обороте и внешнеторговый потенциал.

Используя данную модель можно провести факторный анализ экспортного потенциала региона методом цепных подстановок (рис. 3).

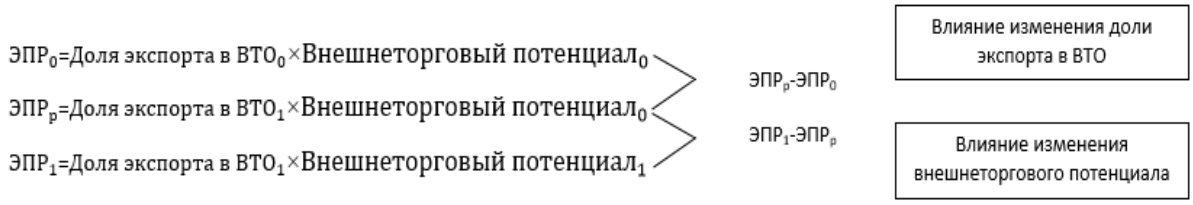


Рис. 3. Факторный анализ экспортного потенциала региона методом цепных подстановок

Апробируем предложенную выше многофакторную модель оценки экспортного потенциала региона для расчета ЭПР Санкт-Петербурга [6].

Для удобства данные для факторного анализа экспортного потенциала Санкт-Петербурга представим в виде табл. 1.

Таблица 1. Данные для факторного анализа экспортного потенциала Санкт-Петербурга [6, 7]

Показатель	2015 год	2016 год
Экспорт, млн. руб.	1007744	1127483,5
Внешнеторговый оборот, млн. руб.	2161140	2652078
ВРП, млн. руб.	3387417,7	3742182,4
Доля экспорта в ВТО	*0,466*	*0,425*
Внешнеторговый потенциал	*0,638*	*0,709*
Экспортный потенциал, коэф	***0,297***	***0,301***

$ЭПР_{2015}$= 0,466×0,638=0,297.
$ЭПР_{расчетный}$ = 0,425×0,638=0,271.
$ЭПР_{2016}$ = 0,425×0,709=0,301.
Влияние изменения внешнеторгового потенциала = 0,271−0,297= −0,026.
Влияние изменения доли экспорта= 0,301-0,271= +0,03.
Совокупное влияние = 0,03−0,026=0,004.

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы: за счет роста внешнеторгового потенциала на 0,071, экспортный потенциал Санкт-Петербурга увеличился на 0,03, а за счет снижения доли экспорта на 0,041, экспортный потенциал региона уменьшился на 0,026. Совокупное влияние обоих факторов обеспечило рост экспортного потенциала на 0,004 [7].

Таким образом, апробировав предложенную многофакторную модель оценки экспортного потенциала региона можно сделать вывод о том, ее преимуществами, при несомненной простоте расчетов, являются возможность выявления факторов прямого действия на экспортный потенциал, а также наличие необходимых статистических данных для использования данной модели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Разработка методики оценки экспортного потенциала региона [Текст] / И.В. Капустина, Э.А. Назарова // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Лучшие доклады. – ФГАОУ ВО СПбПУ, 2018. – С. 324–327.

2. Буянова, М.Э. Оценка региональных рисков Южного федерального округа // Регионология. 2006. № 3. С. 20–32.

3. Мосейко, В., Азмина, Ю. Многофакторная оценка экспортного потенциала малых и средних предприятий региона // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3. Экономика. Экология. 2012. № 2 (21). с. 63–71.

4. Сейфуллаева, М.Э. Маркетинговый механизм формирования экспортного потенциала региона: дис. ... д-ра эконом.наук: 08.00.05. – М., 2001. – 260 с.

5. Экспортный потенциал малых и средних предприятий Волгоградской области: метод. материалы / авт. колл.: А.Э. Калинина (науч. рук.) [и др.].
6. Петростат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://petrostat.gks.ru/.
7. Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.customs.ru/.

УДК 666.223

П.Н. Потехин, И.В. Асфондьярова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ И ЭКСПЕРТИЗА КАЧЕСТВА ИГРИСТЫХ ВИН

Актуальность. Вино является благородным спиртным напитком, который знают и любят в каждой стране мира. Для того чтобы получился качественный продукт, виноград проходит через множество стадий обработки. От качества сырья напрямую зависят вкусовые характеристики будущего напитка, поэтому собирают виноград в зрелом виде, перезревшие ягоды утилизируют. Сроки созревания разнятся в зависимости от сорта ягоды, а также от страны и региона, где она произрастает. Так, в Северном полушарии планеты сезон сбора винограда длится с сентября по ноябрь, в Южном – с середины февраля по начало марта. Для приготовления вина наиболее часто используются следующие сорта винограда: Алиготе; Совиньон Блан; Мускат белый; Рислинг; Пино Блан; Шардоне, Мерло, Каберне и др.

Качество игристого вина, производимого бутылочным и резервуарным способами, зависит от сбора и переработки винограда; осветления и брожения сусла; хранения виноматериалов; производства и обработки ассамбляжей и купажей; штаммов дрожжей, микробиологической чистоты на всех этапах производства; качества бутылок и пробок; окисления вина; применения естественных и химических компонентов [1].

Актуальной задачей производителей вин является разработка новых инновационных и совершенствование действующих технологий, позволяющих выпускать игристые вина с ароматом сорта винограда. В основе технологий должны лежать режимы и условия, ингибирующие гидролиз эфиров, как одного из основных процессов трансформации ароматических свойств и образования тонов выдержки и окисленности.

Современные технологии стремительно вторгаются в винодельческую промышленность и изменяют ее: затронуты все этапы – от выращивания винограда до способов употребления вина.

Производитель Bordeaux, Линч Бейджис, может осуществлять оценку состояния растительности на небольших участках земли благодаря видимому, ультракрасному и ультрафиолетовому излучениям, по информации полученной на мониторах.

Французская компания Fruition Sciences отслеживает скорость сока, текущего по плетям лозы, чтобы определять количество воды, потребляемое виноградом при помощи термодатчиков.

Настоящая тенденция последних лет – органические вина. Смысл в том, чтобы сделать вино как можно более «натуральным». Для этого используют только естественные удобрения: скошенные сорняки, компост, зола из морских водорослей и др. Виноделы отказываются от машин в пользу ручного труда, и сокращают количество диоксида серы, которым обрабатывают бутылки во избежание повторного брожения [2].

Известно, что брожение сусла при низкой температуре способствует получению высококачественных виноматериалов для игристых вин. С этой целью все шире применяют искусственный холод, позволяющий регулировать температуру брожения и создать благоприятный режим размножения дрожжей.

Для предотвращения преждевременного окисления сусла, сопровождающееся изменением вкуса вина с появлением привкуса печеного яблока или поджаренного хлеба, фирмой Vivelys разработан аппарат, способный рассчитать нужное количество газа для определенного вида вина.

Состав виноматериалов отличается большим многообразием. Они различаются по составу органических кислот, отдельных форм ароматобразующих азотистых и фосфорных соединений, активности. Для создания однородной по качеству партии виноматериалов их ассемблируют в пределах сорта и с целью осветления и удаления фенольных веществ и железа, как источников окисления, обрабатывают желтой кровяной солью в сочетании с рыбным клеем (и) или бентонитом.

Примером инновационных технологий, внедренных в практику, являются виноградники Шабо, которые районированы, имеют карты почв, рельефа и термических ресурсов и снабжены специальными паспортами. В Шабо используют лозы европейских сортов, позволяющих получить высококачественный урожай винограда и такакратофоры для выпуска вин по технологии Шарма, оснащенные индивидуальной системой CIP-мойкой, датчиками контроля температуры, измерения давления и перемешивающим устройств. Для брожения используют емкости-дрожжанки, оснащенные системой охлаждения и подогрева, с целью приготовления оригинальных купажей дрожжевых разводок, являющихся базой для создания игристого вина Shabo. После завершения брожения осуществляют розлив на современной линии Berhord, в состав которой входят: изобарическая машина розлива, туннельный нагреватель и этикетировочная машина. Мощность оборудования позволяет получить до 2,2 тыс. бутылок в час.

Инновации коснулись и методов закупоривания бутылки. На сегодняшний день используют дубовые, синтетические, винтовые пробки, имеющие свои достоинства и недостатки. В качестве альтернативного варианта выше перечисленным пробкам, Вин Перфект Келлер разработал специальную пробку с пластиковой прокладкой, покрытой алюминием, которая позволяет контролировать количество воздуха, попавшего в бутылку.

Также на качество вина оказывают влияние условия хранения: температура и влажность, изменение которых может повлечь за собой порчу продукции. Понсо предложил поместить на каждую бутылку и ящик температурные индикатор и сенсор для контроля температурных условий хранения.

Грегом Ламберхтом с целью сохранения срока открытой бутылки создан новый прибор Coravin, принцип действия которого основан на выливании в бокал нужного количества вина, без дальнейшего доступа воздуха и возможностью вторично использовать через определенный промежуток времени с сохранением его первоначального качества.

Крупнейшими производителями игристых вин являются Италия, доля которой в общем объеме составляет 22%, Франция (19%), Германия (15%) и Испания (12%). Россия занимает 5 место – 10%. Каждая десятая бутылка игристого вина в мире произведена в России [3].

Современный мировой рынок виноделия все более направлен на производство игристых вин «нового стиля». Потребитель предпочитает игристое вино с выраженным ярким букетом, в котором отчетливо выделяются аромат свежих фруктов, ягод и цветов.

Компания ENARTIS разработала линейку препаратов «Перлаж», имеющую в составе полный спектр продуктов, необходимых для современного производства игристого вина: от материалов для обработки сусла и получения базового виноматериала — до препаратов для вторичного брожения в акратофоре и бутылке, а также средства улучшения органолептических свойств вина [4].

В связи с выше перечисленным, *цель исследования* – выявление покупательских предпочтений в сегменте виноградных вин, представленных в розничной торговой сети Санкт-Петербурга и проведение экспертизы качества игристых вин разных стран.

Методы исследования. Социологический опрос населения проводили путем анкетирования. Распределение респондентов было следующим (в % от числа респондентов): по полу: женщины – 58% и мужчины – 42 %; по возрасту – 18–25 лет – 48%; 26–33 года – 16%; 34–41 – 12%; 42–50 – 12%, более 50 лет – 12%. 84% проживают в России, из них жителями Санкт-Петербурга являются 76%.

Поскольку потребительские предпочтения зависят в значительной степени от уровня доходов, семейного положения и наличия детей, исследования проводили и по этим показателям. На основании полученных данных было сделано следующее заключение: уровень доходов на одного человека в месяц (руб.): до 25000 – 42%, от 25001 до 40000 – 24%, 40001–55000 – 20% и более 55000 – 14 %.

В ходе опроса, установили, что по семейному положению: женат/замужем – 32%, холост/не замужем – 46%, разведен/разведена – 10%, в гражданском браке – 10%, вдовец/вдова – 2%; по наличию детей: нет – 56%; один ребенок – 24%, два ребенка – 14%, три и более детей – 6%. Из числа опрошенных покупают игристые вина 86% людей, из них белому игристому вину отдают предпочтение 46,9% опрошенных, розовому – 20,4%, красному – 12,2% и 20,4% не имеют конкретного предпочтения.

По частоте покупки игристого вина: 29,2% покупают 1 раз в год и реже, 16,7% – 1 раз в полгода, 33,3% – 1 раз в три месяца, 4,2% – 1 раз в месяц, 16,7% – чаще одного раза в месяц, при этом 52,1% покупают 1 бутылку за одно посещение магазина, 33,3% – 2 бутылки и 14,6% – 3 бутылки и более. Из мест приобретения игристого вина, согласно опросу, выделяются специализированные магазины (41,7%) и сетевые магазины (45,8%), что может быть обусловлено широким ассортиментом, магазинам-дискаунтерам отдают предпочтение 8,3% опрошенных, а мелкорозничным магазинам – 4,2%.

Среди опрошенных лидирует ценовая категория 250–500 рублей (ей отдают предпочтение 54,2% респондентов), на втором месте идет категория 500–1000 рублей (22,9%), затем свыше 1000 рублей (16,7%) и 100–250 рублей (6,3%). Касаемо стран-производителей, наибольшее количество людей выбирают итальянские (68,8%) и французские (60,4%) вина, испанские предпочитают 27,1%, российские – 14,6%.

В настоящее время на рынке Санкт-Петербурга представлено широкое разнообразие игристых вин разных стран, в том числе Италии, Франции и России. Поэтому в качестве объектов исследования были выбраны следующие образцы игристых вин, объемом 0,75 л.:

- образец 1 – вино игристое брют белое «Монмартр» из винограда сорта Уни Блан. Изготовитель: «Compagnie Francaise des Grands Vins», Франция. Алк. 10,5 % об.;
- образец 2 – вино игристое полусладкое белое «Монмартр» из винограда сорта Уни Блан. Изготовитель: «Compagnie Francaise des Grands Vins», Франция. Алк. 10,5 % об;
- образец 3 – вино игристое брют белое «Massimo Visconti» из винограда сортов Треббьяно, Мальвазия, Ортруго. Изготовитель: «Кантини Кваттро Валли С.р.л.» Алк. 10,5 % об, Италия
- образец 4 – игристое жемчужное вино с защищенным географическим указанием полусладкое белое «S. Orsola Lambrusco Emilia» региона Эмилия-Романья. Изготовитель: «Фрателли Мартини Секондо Луиджи Спа». Состав: виноматериал полусладкий белый (виноград сорта Ламбруско). Алк. 8 % об., сахар – 40 – 55 г/дм^3;
- образец 5 – вино игристое полусладкое белое «Крымское», серия «Крымский бриз». Изготовитель: «Севастопольский винодельческий завод», Россия. Состав: виноматериалы, столовые, произведенные из свежего винограда, ликер резервуарный. Алк. 11,5 % об;
- образец 6 – игристое вино брют белое «Коллекция винодела Пино Блан» из винограда сорта Пино Блан, изготовлен ООО «Кубань-вино», Россия. Алк. 10,5 – 12,5 % об., сахар 6,0 - 15,0 г/дм^3.

Экспертизу качества вин проводили по органолептическим и физико-химическим показателям по стандартным методикам [5].

Органолептическую оценку осуществляли по таким показателям, как: прозрачность, цвет, букет, вкус и мусс (покрытие поверхности вина в бокале, величина выделившихся пузырьков, продолжительность выделения углекислого газа, структура пены, скорость обновления пены, количество пузырьков) по 10-тибалльной системе оценивания, согласно которой: более 9,1 балла – отличное; 9,09–8,6 – хорошее; 8,59–8,30 – удовлетворительное; 8,29–7,80 – низкое и ниже 7,80 – неудовлетворительное качество.

Результаты органолептического анализа исследуемых образцов игристых вин приведены в табл. 1.

Таблица 1. Органолептический анализ качества вин

Показатели качества	Образцы					
	1	2	3	4	5	6
Прозрачность	0,48	0,46	0,50	0,44	0,43	0,45
Цвет	0,50	0,50	0,44	0,48	0,42	0,43
Букет	2,80	2,75	2,65	2,70	2,53	2,55
Вкус	4,80	4,40	4,35	4,40	4,28	4,21
Мусс	0,80	0,85	0,67	0,70	0,65	0,66
Итого	9,38	8,96	8,61	8,72	8,31	8,30

Как видно из табл. 1, отличное качество получил образец 1 – вино брют (Франция), который имел светло-соломенный цвет с золотистым оттенком, развитый тонкий аромат с нотами яблока и цитруса, приятный вкус, хорошие пенистые и игристые свойства. Образцы 2–4 имели хорошее качество, а образцы 5–6 – удовлетворительное. В качестве замечаний были отмечены: слабо соответствующий вкус и слаборазвитый букет. Игристые вина России отличались легким ароматом и привкусом спирта, что отразилось на органолептической оценке.

Из физико-химических показателей в винах определяли крепость вина и массовую концентрацию сахаров, результаты которых представлены в табл. 2. Также определяли полноту налива.

Таблица 2. Физико-химические показатели качества исследуемых образцов вин

Показатели качества	Норма согласно стандарту	Образцы					
		1	2	3	4	5	6
Объемная доля этилового спирта, %:							
- для игристых вин	8,5–13,5	10,6	10,6	10,4		11,0	10,3
- для игристых жемчужных вин с защищенным географическим указанием. Допустимое отклонение ±1	9,0 (6,0)–12,5				8,0		
Массовая концентрация сахаров, г/дм^3 для вин:							
- брют	6–15	9,90		13,75			7,75
- полусладких	40–55		40,50		42,94	45,25	

Все образцы игристых вин соответствовали объему, указанному на бутылке. По содержанию спирта и сахаров образцы 1–6 соответствовали стандарту. Однако, установили незначительные отклонения полученных данных от информации, указанной в маркировке

Выводы. В настоящее время структура потребления алкогольных напитков постепенно меняется в сторону увеличения доли потребления качественных виноградных вин и шампанского. Так, наибольшим спросом на потребительском рынке Санкт-Петербурга пользуются вина игристые полусладкие и «Брют» Италии, Франции и России. Популярность данных вин объясняется их невысокой ценой и доступностью, приятным вкусом и лёгкостью. Лучшим образцом из исследуемых игристых вин по органолептическим и физико-химическим показателям стал образец 1 – вино игристое брют белое «Монмартр», получивший максимальный балл – 9,38.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Герасимова В.А., Белокурова Е.С., Вытовтов А.А. Товароведение и экспертиза вкусовых товаров. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с.

2. Чемисова Л.Э., Гугучкина Т.И., Попова О.Ф. Экскурс в экологическое производство винограда и вина // Виноделие и виноградство, №3, 2015. С. 4–8.

3. Россия в цифрах. 2018: Крат. стат. сб. / Росстат-М., 2018. – 522 с.

4. Паламарчук Олег. Инновационная линейка ПЕРЛАЖ для производства игристых вин [Электронный ресурс]. http://www.enogrup.com/downloads/prospekt_enogrup_innovacionnaya_lineika_perlaj_dlya_proizvodstva_igristih_vin.pdf.

5. ГОСТ 33336-2015. Вина игристые. Общие технические условия: Межгосударственный стандарт. Введен в действие 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 14 с.

УДК 338.138

В.В. Садакова, С.Г. Божук
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ СЕГМЕНТИРОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА РЫНКЕ ВЕГЕТАРИАНСКОЙ И ВЕГАНСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Актуальность. Цифровая среда способствует распространению различных субкультур независимо от места их зарождения. На сегодняшний день в России, как и по всему миру, наблюдается рост популярности вегетарианства и веганства, поэтому все большее количество бизнесменов устремляется на эту нишу. По словам учредителя выставки «ВегЭкспо» Н. Шипилова за 2016–2017 годы предложение на рынке вегетарианской и веганской продукции значительно увеличилось, причем большинство вегетарианских магазинов работают в двух столицах – Москве и Санкт-Петербурге [1]. Согласно опросу «Rusbase» за 2017 год производители продукции для вегетарианцев и веганов оценили российский рынок на 80–100 миллионов рублей, отмечая при этом его ежегодный рост на 30%. Рост произошел как за счет расширения производства, так и из-за появления новых компаний на рынке [2]. Расширение рынка приводит к росту уровня конкуренции, причем как между малыми и средними специализированными компаниями, так между специализированными и обычными магазинами FMCG, которые зачастую ближе к покупателю и предлагают более дешевые товары. В этих условиях актуальным становится изучение механизма формирования специфических потребительских запросов с учетом типа питания покупателя и образа жизни в целом, а также влияние этих запросов на потребительское поведение на рынке и особенности его сегментации [3].

Цель работы – выявление особенностей сегментирования и потребительского поведения на рынке вегетарианской и веганской продукции. Выбор цели определил решаемые задачи:

- исследовать признаки сегментирования потребителей рынка веганской и вегетарианской продукции;

- выявить общность и вариативность построения рациона питания и образа жизни потребителей;

- сформулировать характеристики каждого сегмента потребителей на рынке вегетарианской и веганской продукции.

Метод исследования: глубинное интервью, проведенное с выборкой 20 респондентов в течение 1 часа [4]. В ходе исследования респондентам были заданы вопросы, позволяющие уточнить их ценности и потребительские установки относительно вегетарианского образа жизни, а также определить приоритеты при выборе продуктов питания для уточнения позиционирования магазинов на рынке веганской и вегетарианской продукции. По результатам исследования была составлена матрица ассоциаций по пяти брендам магазинов.

Основными покупательскими сегментами исследуемого рынка являются вегетарианцы и веганы. Все вегетарианцы и веганы не едят мясо, рыбу и морепродукты, т.е. пищу, добываемую путем убийства (мясокомбинаты, охота, промышленный вылов, рыбалка и т.д.), а также не носят одежду из кожи и меха. Различия вегетарианцев и веганов заключаются в том, что последние – это строгие вегетарианцы, в рационе которых отсутствуют яйца, молочная продукция, желатин и мед. Люди, которые выбирают такой образ жизни, зачастую руководствуются моральными принципами, поэтому различия между ними и вегетарианцами могут лежать гораздо глубже, чем кажется на первый взгляд. Однако товары для вегетарианцев потребляют не только веганы и вегетарианцы [5]. Разработанная модель сегментирования ранжирует всех покупателей на шесть сегментов, обладающих разным потенциалом продаж. Поведенческие характеристики каждого сегмента представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика сегментов на рынке вегетарианской и веганской продукции

	Анализируемые компоненты		
	Знание	Субъективное восприятие	Поведенческий компонент
Активные покупатели-веганы	Четко разграничивают «веган» и «вегетарианец». Считают, что в обычном магазине почти вся продукция непригодна для пищи. Четко знают каким должен быть ассортимент (крупы, тофу и др. соевые продукты, эко-товары и т.д.).	Резки в высказываниях относительно эксплуатации животных, ярые сторонники их защиты. Веганский магазин – это особый мир с особенной атмосферой.	Предпочтут магазин с высоким качеством продукции, ее широким ассортиментом и высоким уровнем цен. Не готовы мириться с грубостью и не квалифицированностью персонала.
Вегетарианцы	Знают особенности питания и образа жизни веганов и вегетарианцев. Считают, что в обычных магазинах недостаточно широкий ассортимент продукции, а также отсутствует компетентный персонал.	Не терпят эксплуатацию животных. Считают, что их образ жизни не только спасает животных, но и полезен для здоровья. Убеждены, что магазин – это прежде всего качество продукции и персонал, который знает свой товар.	Готовы посещать магазины с недостатками интерьера и расположения, если это не влияет на уровень качества товаров. Не готовы мириться с грубым персоналом.
Не определившиеся	Не видят разницы между веганами и вегетарианцами, считая, что вегетарианцем стать просто – достаточно не есть мяса. Убеждены, что вегетарианский магазин – это модное место, где отсутствует только мясная продукция.	Считают цирки, зоопарки и др. подобные места способом приятно провести время. Воспринимают вегетарианский магазин как креативное пространство, в котором можно сделать модное «селфи» для соц. сетей.	Не готовы посещать никому не известные магазины и магазины, в которых отталкивающий интерьер.

Традиционные	Слышали о понятиях «веган» и «вегетарианец», но не знают, в чем разница. Хорошо осведомлены о требованиях к качеству продукции. Вегетарианский магазин – это место, где сразу можно купить все необходимое.	С неодобрением относятся к эксплуатации животных в цирках, зоопарках и др. местах. Считают, что наложение на себя ограничений в еде и развлечениях не только отвечает их религиозным принципам, но и полезно для здоровья и для природы.	Предпочтут магазин с высоким качеством продукции, ее широким ассортиментом и высоким уровнем цен, так как совершают покупки там не так часто и ценят удобство покупки в одном месте.
Малообеспеченные	Не видят разницы между веганами и вегетарианцами. Мало интересуются особенностями состава продукции, считая главными достоинствами магазина широкий ассортимент товаров-заменителей мяса и наличие гибких акций и скидок.	Мало обеспокоены проблемами эксплуатации животных. Руководствуются экономическими причинами. Отсутствуют любимые магазины, так как они легко переключаются на тот, где сейчас акции и скидки.	Готовы посещать магазины с недостатками интерьера и расположения, с низким уровнем квалификации персонала и уровнем лояльности к бренду, если их устраивает ценовая политика.
Равнодушные	Не знают ничего об образе жизни веганов и вегетарианцев, их требований к продукции и воспринимают «веган» как оскорбление.	Не задумываются о проблеме эксплуатации животных, считая цирки и зоопарки способом развлечься. Вегетарианский магазин – это способ попробовать что-то новое в жизни.	Не являются приверженцами какого-то определенного бренда, предпочитая более удобный по расположению и заметный магазин.

Выделенные особенности поведения потребителей позволяют выбирать стратегии целевого маркетинга и выстроить позиционирование с учетом особенностей того или иного сегмента:

1. Активные покупатели-веганы: покупатели, которые по моральным, религиозным или экологическим соображениям строго не едят мясо, рыбу и морепродукты, яйца, молочные продукты, а также не носят одежду из кожи, меха и шерсти, не ходят в цирки и зоопарки, выступают против одомашнивания животных. Посещают только магазины с вегетарианской и веганской продукцией, поэтому при выборе магазина уделяют наибольшее внимание качеству продукции и широте ассортимента.

2. Вегетарианцы: покупатели, которые по моральным, медицинским или экологическим соображениям не едят только мясо, рыбу и морепродукты, а также не носят одежду из кожи и меха. Заботятся о своем здоровье и являются частыми посетителями магазинов с вегетарианской и веганской продукцией, поэтому при выборе магазина им особенно важны качество продукции и высокая квалификация персонала.

3. Не определившиеся: покупатели, готовые придерживаться вегетарианского образа жизни, пока это модно и актуально, следуя мировым тенденциям, а не идеям личного здоровья и здоровья планеты. При выборе магазина руководствуются такими критериями, как известность бренда и модный современный интерьер.

4. Традиционный: покупатели, которые регулярно временно принимают вегетарианский образ жизни, так как придерживаются тех или иных традиций, обычаев или религиозных праздников (например, православный пост). Посетителями магазинов с вегетарианской и веганской продукцией становятся в определенные периоды и ценят удобство расположения и уровень цен.

5. Малообеспеченные: прагматики, приверженность которых к вегетарианскому образу жизни обусловлена экономическими причинами. Обращают в первую очередь внимание на уровень цен в магазине, а также наличие акций и скидок (будут посещать магазин, пока им это выгодно).

6. Равнодушные: потребители, которые мало осведомлены о вегетарианском и веганском образе жизни, их мало волнуют идеи личного здоровья и здоровья планеты. Посетителями магазинов с вегетарианской и веганской продукцией становятся редко, в основном из-за простого интереса и удачного расположения магазина (в местах с высоким уровнем проходимости).

В зависимости от степени концентрации на отдельных сегментах, торговые организации могут ориентироваться на общие (универсальные для всех сегментов) или частные признаки для выбора позиционирования [6].

Построенные карты восприятия брендов по пяти магазинам показали наиболее благоприятную позицию магазина «Веганика». По совокупности выгод, обеспечиваемых потребителям, магазин «Веганика» полностью соответствует позиционированию «веганского магазина» [7]. Атмосфера, широкий ассортимент, хорошее соотношение «цена/качество продукции» обеспечивают магазину высокую приверженность всех сегментов покупателей. Магазин представлен в сети и имеет хорошие полиции в поисковой выдаче [8].

Магазины «Джаганнат» («24 Veg») и «B12 Vegan shop» могут претендовать на позицию «вегетарианского магазина», однако не всегда стабильно обеспечивают потребителям-вегетарианцам искомые выгоды. Однако эти магазины могут использовать модный тренд для привлечения менее требовательных клиентов, предлагая больше услуг и повышая качество обслуживания.

Магазины «АДИ» и «Барбарис» не рекомендуется позиционировать как вегетарианские, так как не всегда соответствуют ожиданиям потребителей-вегетарианцев и не воспринимаются как привлекательные другими сегментами. Для этих магазинов более адекватна позиция «магазина здорового питания». Поиск конкурентных преимуществ для этих магазинов необходимо продолжить. Возможно, предложив дополнительные преимущества потребителям в сети, магазины смогут стать более конкурентоспособными [9].

Вывод. Ценность разработанной структуры сегментов потребителей на рынке вегетарианской и веганской продукции для торговых компаний заключается в систематизации ключевых характеристик, на основе которых определяются границы шести сегментов. Каждый из них обладает существенными различиями в уровне знаний потребителей, их эмоциональном восприятии и поведенческом аспекте. Тщательный анализ потребительского поведения и искомых выгод в каждом сегменте поможет торговым компаниям в настройке таргетинга для привлечения целевых потребителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. «РосБизнесКонсалтинг» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – URL: https://www.rbc.ru/ (дата обращения: 07.10.2018).

2. «Rusbase» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – URL: https://rb.ru/longread/kak-zarabotat-na-veganah/ (дата обращения: 07.10.2018).

3. Смирнов А.Б. Применение сбалансированной системы показателей для анализа бизнес-процессов на предприятиях розничной торговли // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2015. – № 3.– С. 248–253.

4. Божук С.Г. Маркетинговые исследования. – М.: Юрайт, 2016. – 280 с.

5. Плетнева Н.А., Евдокимов К.В. Бизнес-модель проекта межрегионального взаимодействия на рынке экологических продуктов питания // Управленческое консультирование. – 2015. – № 8 (80). – С. 85-97.

6. Божук С.Г., Плетнева Н.А. Классификация инструментов экологического маркетинга с целью выявления комбинаторных решений. Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2013. – № 2 (2). – С. 31–37.

7. Н.А. Козлова, С.И. Головкина, А.П. Кушнирук. Актуальные направления и перспективы развития концепции «ECO-FRIENDLY» на рынке продовольственных товаров в современных условиях. Вестник Национальной академии туризма. – 2017. – № 2 (42). – С. 82–85.

8. Красноставская Н.В. Возможности использования инструментов социальных сетей для продвижения виртуального магазина на международной торговой интернет-площадке // Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. – 2017. – С. 328–331.

9. Красноставская Н.В. Поведение потребителей социальных идей и интернет-маркетинг // Проблемы экономики и менеджмента. – 2014. – № 4 (32). – С. 59–61.

ВЫСШАЯ ШКОЛА МЕЖДУНАРОДНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

УДК 371.32

А.А. Ширинян, Ю.Ю. Колесников
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Одним из ключевых путей исследования современной теории и практики управления образованием становится теория принятия решений [1]. Менеджмент образовательных организаций трактуется как непрерывный процесс принятия решений. В свою очередь, само определение понятия «управленческое решение» отличается особым многообразием в современной отечественной и зарубежной литературе. Специфика отрасли образования вносит серьезные коррективы, другими словами, является причиной возникновения особенностей принятия управленческих решений в образовательных организациях. В контексте статьи мы будем рассматривать управленческое решение как соединяющий процесс менеджмента образовательных организаций, состоящий из определённой последовательности этапов [2]. В настоящее время система образования представляет собой централизованную модель управления, в которой образовательная организация получает часть полномочий для самостоятельного принятия решений, если оно не противоречит федеральным законам, приказам министерства образования, отдела образования и т.д.

Каждая образовательная организация получает часть полномочий для самостоятельного принятия решений, если оно не противоречит федеральным законам, приказам министерства образования, отдела образования и т.д. Состояние дел образовательной организации определяется фактором эффективности принимаемых управленческих решений, так же как и достижение конкурентных преимуществ. Управленцы в процессе деятельности регулярно сталкиваются с необходимостью принятия решений. Но руководитель не только принимает решение, но и несет ответственность за последствия, к которым данное решение может привести. Под решением мы понимаем, как выбор альтернативы действия. Цель организационного решения – обеспечить продвижение образовательного учреждения к поставленным перед ним задачам [3].

Процесс принятия эффективных управленческих решений труден и многоаспектен, включающий в себя целый ряд этапов и процедур. Принятие эффективного управленческого решения зависит от уровня компетентности руководителя, корпоративной культуры образовательной организации. Необходимо помнить, что при принятии эффективного управленческого решения лицу, принимающему решение, нужно выбрать наилучший вариант решения из предложенных. Основой искусства управления является способность определять необходимые тактические цели образовательной организации, определять очередность и методы их решения.

Рассматривая процесс принятия решения, нельзя не отметить, что это психологический процесс. Он может носить либо интуитивный, либо основанный на суждениях, либо рациональный характер.

Будет принято рациональное и действенное управленческое решение или нет, зависит от руководителя, от его волевых качеств и особенностей личности. Ключевыми качествами успешного управленца являются устойчивость к неудачам, умение принимать любую ситуацию, не сдаваться, контролировать процесс исполнения управленческих решений, быть гибким и изменять алгоритм достижения цели, если того требуют обстоятельства. Ведь

именно управленец определяет направление работы и принимает ключевые решения. Многие управленческие решения являются неэффективными по причине не достаточной компетентности управленца. Не все люди, занимающие руководящую должность, владеют в должной мере знаниями в области менеджмента, что негативно отражается на качестве принятия управленческих решений в образовательной организации и на ее работу в целом. Положительным моментом является тот факт, что усовершенствовать себя может каждый человек. Путем волевых действий превратить себя в свой идеал менеджера, а именно: приобрести нужные знания, учения, навыки и компетенции в данной области. Мы предлагаем подход к выработке решения, который облегчит процесс принятия решения руководителю с любым уровнем знаний менеджмента:

1. Первый подход строится на диагностике проблемы. Существуют два способа рассмотрения проблемы. Проблема может быть потенциальной и отражаться в виде риска для образовательной организации, а может предстать в виде отсутствия или уменьшения результативности. Под результативностью мы подразумеваем степень достижения поставленных целей.

2. Формулировка ограничений и критериев принятия решений. Образовательную организацию ограничивают законодательные акты, которые руководство изменить не в силах и принимает как данность. Но есть категории ограничений, на которые можно и нужно воздействовать для достижения поставленных перед образовательной организацией целей. К таким ограничениям можно отнести ресурсное, финансовое и кадровое обеспечение.

3. Определение альтернатив. Администрация должна осуществить сбор всех возможных альтернативных решений, изучить все положительные и отрицательные стороны, риски и потенциал.

4. Оценка альтернатив. В образовательной организации должна существовать стандартизированная процедура отбора оптимального решения.

5. Окончательный выбор руководство осуществляет только при условии правильной диагностики проблемы и подробного изучения всех возможных альтернатив [4]. Принятию управленческого решения всегда предшествует подготовка, которая предполагает определенную структуру, четкую последовательность необходимых действий не только для достижения высоких результатов, но и для повышения общей эффективности организации. Элементы данной структуры можно назвать этапами принятия управленческого решения. Мы выделяем шесть основных этапов:

Этап 1. Постановка задачи принятия решения.

Этап 2. Поиск процедур решения задачи.

Этап 3. Выбор.

Этап 4. Возможная корректировка задачи.

Этап 5. Содержательная интерпретация решения.

Этап 6. Информирование исполнителей.

Ключевыми этапами принятия управленческого решения являются первые два, которые необходимо раскрыть более подробно.

Первый этап предполагает осознание необходимости принятия решения. То есть, если руководитель не видит или не замечает проблем в организации, то это вовсе не означает, что их нет. Умение вовремя увидеть несоответствие и принять решение о ее ликвидации является самым важным решением. Таким образом, возникает выбор между бездействием и действием руководителя.

Второй этап представляет собой основу всего будущего решения, так как включает в себя важнейшие элементы, а именно:

1. Формулировка главной цели управленческого решения.
2. Сбор информации.
3. Анализ полученных данных.

4. Формирование показателей и критериев для подбора, оценки управленческих решений.
5. Определение задач (подцелей).
6. Построение моделей принятия решения.
7. Разработка альтернативных вариантов решения.
8. Анализ всех вариантов решения (согласно показателям и критериям).
9. Анализ рисков.

Анализ рисков вбирает в себя большое количество задач, которые встают перед руководителем, но не всегда реализуются им. Анализ рисков подразумевает выделение всех возможных негативных событий, определение вероятности их наступления и степень значимости. Но не прогноз негативных последствий является ключевым при анализе рисков. На первый план выходит разработка мероприятий по снижению вероятности наступления и степени значимости нежелательных событий. Также важным пунктом является четкое назначение ответственных за реализацию управленческого решения и минимизацию рисков. Важной составляющей особенностью в принятие управленческих решений в образовательном учреждение является идея создания единого информационного поля, которое поможет не только организовать мероприятия, но и правильно определит направление информации, этапы прохождения документов и обеспечит их доступность трудовым кадрам, а точнее исполнителям управленческого решения [4].

Говоря об управленческих решениях, которые принимаются в образовательных организациях, нельзя оставить без внимания вопрос качества. Качество подразумевает, в первую очередь, высокий уровень удовлетворенности клиентов, которые потребляют те или иные образовательные услуги. А для того, чтобы знать желания потребителей, нужно проводить регулярный мониторинг удовлетворенности и учитывать полученные данные при принятии будущих решений.

Рассмотрение в итоге данного вопроса можно сказать, что управленческое решение – это, в первую очередь, результат деятельности. Принятие управленческого решения выступает в роли процесса, ведущего к появлению результата, т.е. это сознательный выбор из имеющихся альтернатив действий, позволяющий достичь поставленную цель. Решением выступает форма, в которой осуществляется управляющее воздействие [3].

Управленческое решение в образовательной организации должно соответствовать ряду требований. Ключевыми из них будут являться:

- обоснованность;
- четкость формулировок;
- система информирования исполнителей;
- реальная осуществимость;
- своевременность принятия и исполнения;
- согласованность с ранее принимаемыми решениями;
- результативность как степень достижения цели;
- эффективность как соотношение результата и затрат.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что весьма важным является четкое определение сроков исполнения и назначение не только исполнителей, но и ответственного, который будет контролировать весь процесс.

Выбор альтернативы, акта, направленного на разрешение проблемной ситуации при принятии управленческого решения, является составной частью должностных полномочий лица, принимающего управленческие решения в образовательной организации. Своевременность обработки информационных потоков о внутренних процессах в образовательной организации и их понимание со стороны руководителя, способствует повышению не только эффективности принимаемых управленческих решений, но также совершенствованию внутрисистемных связей в организации и увеличении эффективности взаимодействия с внешней средой. Таким образом, оптимизация управленческой

деятельности, в том числе по процессам саморегуляции для любых сложных систем, являются основным условием развития и гарантийным обязательством эффективной работы.

Таким образом, для повышения результативности и эффективности управленческих решений руководству следует внедрять рассмотренную систему подготовки управленческих решений, этапы которой разработаны с учетом характеристик и традиций образовательной организации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абчук В.А., Трапицын С.Ю., Тимченко В.В. Менеджмент. Часть 1. – М.: Юрайт, 2017. – 239 с.
2. Нефедова Н. Внеучебная деятельность вуза. – М.: Саарбрюккен, 2015. – 160 с.
3. Козырев В.А. Высшее образование России в зеркале Болонского процесса: науч.-метод. пособие для пед. работников вузов. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2005. – 429 с.
4. Резник С.Д. Управление кафедрой. – М.: ИНФА-М., 2006. – 635 с.

УДК 372.881.1

Д.В. Быкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВНЕДРЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

Развитие дистанционного обучения, тесно связанное с прогрессом информационных и коммуникационных технологий, является прямым следствием новых образовательных потребностей общества и его стремления к использованию более обширных информационных ресурсов и более эффективных педагогических решений. Столь заметные и значительные общественные явления, безусловно, вызывают изменения в традиционных образовательных системах. А потому не будет большим преувеличением утверждать, что открытое и дистанционное образование играет сегодня одну из важнейших ролей в становлении формирующегося глобального информационно-ориентированного общества [1, с. 3]. Использование инфокоммуникационных, интерактивных и мультимедийных ресурсов и средств обучения становится тенденцией в современных высших учебных заведениях и на кафедрах, чья деятельность связана с обучение русскому языку как иностранному. Разработкой, созданием и продвижением онлайн-курсов по русскому языку для иностранцев занимаются ведущие вузы Российской Федерации [2, 3].

В исследованиях И.Н. Розиной рассматриваются теоретические и практические аспекты учебной компьютерно-опосредованной коммуникации [4]. М.В. Ядровская рассматривает модели учебно-педагогической коммуникации в системе электронного обучения вуза [5]. В.Б. Артеменко описывает особенности организации сотрудничества в электронном обучении на основе проектного подхода и веб-инструментов [6]. Современные инфокоммуникационные средства и технологии предполагают эффективную поддержку обучения языку в электронном формате, предоставляют возможность работать в режимах онлайн и офлайн, разнообразить внеаудиторную работу, организовывать самостоятельную когнитивную деятельность обучающихся, их индивидуальную и групповую учебную деятельность [7, с. 384].

В 2017 году на сайте edumarket.digital было опубликовано масштабное исследование мирового и российского рынков онлайн-образования, цель которого – «глубокое системное исследование российского EdTech». Особое внимание в исследовании отводится российскому рынку онлайн-образования, перечислены наиболее влиятельные и перспективные игроки сферы, прогнозы для каждого сегмента (от дошкольного образования до корпоративного сегмента b2b). Предполагается, что доля онлайн-обучения в системе высшего

профессионального образования будет возрастать, и к 2021 году увеличится на 2,6%. Для сравнения, в 2017–2021 гг. мировой рынок высшего образования будет показывать среднегодовой рост на 20%.

В числе основных трудностей на пути к внедрению электронных, интерактивных и дистанционных форматов обучения в российских вузах указываются: неготовность кадровых сотрудников, инфраструктурные барьеры, необходимость полной перестройки бизнес-процессов учебного заведения [8].

Языковое обучение представлено отдельным сегментом рынка российского онлайн-образования, где основными игроками выступают частные онлайн-школы иностранных языков, охватывая свыше 80% аудитории. Несмотря на то что приведенные данные в большей степени характеризуют аудиторию русскоязычных слушателей курсов иностранных языков, однако в 8% случаев респонденты отмечали, что «изучают один или несколько языков народов РФ, русский как иностранный» [8]. По прогнозам отраслевых экспертов, мобильные приложения для обучения иностранным языкам будут постепенно вытеснять традиционные веб-продукты, приобретать черты геймификации обучения. Крупные офлайн языковые школы разрабатывают собственные продукты и приложения, а также, ориентируясь на смешанное обучение (blended education), предлагают слушателям групповые занятия в классе и использование онлайн-тренажеров для самостоятельной работы.

Перечисленные тренды и прогнозы в сфере российского онлайн-образования указывают направления развития высшего профессионального образования, обозначают возможные «проблемные зоны», которые являются общими для большинства сегментов мирового рынка онлайн-образования.

Смещение акцента с традиционных методов к дистанционным технологиям в обучении иностранному языку давно стало мировой тенденцией, и вопрос о целесообразности применения последних уже не является актуальным. Большей актуальностью обладает проблема выбора дистанционной платформы, на базе которой обучение иностранному языку будет наиболее эффективным. В настоящее время в ВУЗах Российской Федерации используются различные оболочки дистанционного обучения, самые распространенные из которых – это Moodle и eFront [7, с. 366].

Обе оболочки предоставляют возможность работать в режимах онлайн и оффлайн, разнообразить внеаудиторную работу, эффективно организовывать самостоятельную когнитивную деятельность обучающихся, а также индивидуальную образовательную поддержку учебной деятельности каждого обучающегося преподавателями, групповую учебную деятельность. В работе делается вывод о том, что в Moodle этих возможностей больше. Но и eFront при творческом подходе становится эффективным инструментом реализации интерактивного взаимодействия преподавателя и обучающихся.

С 2006 года в сфере российского открытого дистанционного обучения лидирует платформа «Открытое образование», где зарегистрированы уже свыше 300 курсов по разным направлениям подготовки [9]. На данном ресурсе размещен курс Санкт-Петербургского государственного университета «Русский язык как иностранный», предназначенный для слушателей, владеющих русским языков объеме Первого сертификационного уровня (ТРКИ-1, В1), и позволяет им усовершенствовать имеющиеся знания русского языка. Курс включает учебные видеосюжеты, подкасты, аутентичные видеотексты для аудирования, аутентичные тексты для чтения, материалы по грамматике и говорению. При успешном прохождении курса «Русский язык как иностранный» слушатели могут получить сертификат участника или сертификат с отличием. Кроме того, на сайте указано, что данный курс соответствует 2 зачетным единицам [3].

Авторские курсы, которые предлагаются слушателям на сайте Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина, имеют модульную структуру и представляют собой аудиовизуализацию разговора преподавателя с обучающимся [2].

Общедоступные онлайн-курсы (МООС) в сфере образования имеют двадцатилетнюю историю, обладают обширной, постоянно обновляющейся базой технологических решений, инструментов и платформ, однако их использование в системе высшего профессионального образования порождает немало споров [10, с. 4]. Наряду с очевидными преимуществами использования МООС, которые давно стали частью образовательной среды зарубежных вузов, намечается тенденция к переосмыслению и трансформации существующих образовательных программ и стандартов. Доступность и гибкость формата МООС позволяют двигаться к «реальной массовой персонализации учебного процесса» [10, с. 16].

Активное использование постоянно обновляющихся технологий в дистанционном обучении позволяет рационализировать процессы преподавания и научения, совершенствовать средства мониторинга, диагностики образовательной деятельности. Вместе с тем следует обратить внимание на некоторые проблемы использования технологий дистанционного обучения в учебном процессе [11, с. 5].

Наиболее распространенное заблуждение в отношении дистанционных образовательных технологий связано с полным отказом от живого взаимодействия студента и преподавателя при внедрении дистанционного обучения. Дистанционное обучение подразумевает соответствие качественно новым образовательным стандартам, переоценку ролей преподавателя и обучающегося, эффективное использование и перераспределение временных ресурсов, упрощение большинства рутинных операций [12, с. 80]. Например, внесение изменений в электронный учебник или программный продукт занимает значительно меньше времени, чем переиздание учебного пособия, которое может потерять свою актуальность уже к моменту его публикации.

Цифровой учебно-методический контент в соединении с электронными коммуникационными средствами образуют базовые технологические основы современного электронного обучения языку. В этом случае предметным наполнением электронных коммуникаций оказывается оцифрованный содержательный контент обучения. Цифровое представление учебных материалов, возможности размещения контента в электронной среде и включение этого материала в коммуникации посредством электронных каналов связи делают возможным эффективную поддержку обучения языку в электронном формате [7, с. 365].

Переосмысление существующих пособий, их адаптация к новому формату обучения – трудоемкий процесс, который предполагает совместную работу нескольких специалистов. В данном случае педагога необходима методическая и информационная поддержка со стороны менеджеров и продюсеров онлайн-курсов.

Использование дистанционных технологий в обучении русскому языку как иностранному не предполагает отказа от групповых занятий или же минимизации взаимодействия преподавателей и обучающихся. Напротив, онлайн-технологии содействуют построению индивидуальных образовательных маршрутов обучающихся, созданию сетевых сообществ обучающихся и педагогов.

Обучающиеся также должны ясно понимать алгоритм работы учебного курса, иметь возможность увидеть каждый модуль, обратиться к дополнительным материалам, а также понимать, каким образом будет оцениваться результат их обучения.

Учебный процесс, осуществляемый на основе инфокоммуникационных технологий, включает занятия с преподавателем (тьютором) и самостоятельную работу студентов. Участие преподавателя в учебном процессе определяется не только проведением занятий в виртуальной аудитории, сетевых занятий и веб-консультаций, но и необходимостью осуществлять постоянную поддержку учебной деятельности студентов путем организации текущего и промежуточного контроля.

Большое внимание следует уделять инфокоммуникационной грамотности преподавателей, организации курсов и семинаров повышения квалификации, мастер-классов

и практических занятий для профессорско-преподавательского состава вузов и кафедр. Своевременная информационная поддержка и экспертные консультации технических специалистов и методистов – это вклад в развитие современной методики обучения русскому языку как иностранного.

Таким образом, основными направлениями работы по внедрению дистанционных образовательных технологий на этапе предвузовской подготовки считаются:

— комплекс мер по повышению инфокоммуникативной квалификации профессорско-преподавательского состава;

— адаптация обучающих материалов по русскому языку как иностранному в соответствии с программными требованиями и профилем будущей специальности студента;

— программно-технологическое и ресурсное обеспечение, необходимое для реализации дистанционных образовательных технологий;

— экспертная техническая поддержка преподавателей и поощрение использования дистанционных образовательных технологий в процессе обучения.

Перечисленные направления работы являются надежной базой для дальнейшего перехода вузов и кафедр, занимающихся обучением русскому языку иностранных студентов, к использованию платформ сетевого образования, внедрение которых в систему подготовки современных специалистов стало приоритетной задачей Министерства науки и образования Российской Федерации [9].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гаевская Е.Г. Технологии сетевого дистанционного обучения: Учебное пособие. – СПб.: Ф-т филологии и искусств СПбГУ, 2007. – 55 с.

2. Авторские курсы Института Пушкина [Электронный ресурс]. – URL: http://ac.pushkininstitute.ru.

3. Открытое образование – Русский язык как иностранный [Электронный ресурс]. – URL: https://openedu.ru/course/spbu/RUSFOR/.

4. Розина И.Н. Учебная компьютерно-опосредованная коммуникация: теория, практика и перспективы развития // Образовательные технологии и общество (Education Technology & Society) (http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html). – 2003. – № 2 (Т. 6). – С. 160–175.

5. Ядровская М.В. Модели учебно-педагогической коммуникации в системе электронного обучения вуза // Образовательные технологии и общество (Education Technology & Society) (http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html). – 2013. – № 2 (Т. 16). – С. 469-488.

6. Артеменко В.Б. Организация сотрудничества в электронном обучении на основе проектного подхода и веб-инструментов // Образовательные технологии и общество. – 2013. – № 2 (Т. 16). – С. 489–504.

7. Барт М.В., Габова М.А. Moodle vs eFront: интерактивные возможности в преподавании русского языка как иностранного // ОТО. – 2017. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/moodle-vs-efront-interaktivnye-vozmozhnosti-v-prepodavanii-russkogo-yazyka-kak-inostrannogo (дата обращения: 12.10.2018).

8. Исследование российского рынка онлайн-образования и образовательных технологий EdMarket Digital. [Электронный ресурс]. – URL: https://i.foxford.ru/uploads/inner_file/file/13944/edumarket_full_rus_Nov.pdf.

9. Паспорт приоритетного проекта "Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации". [Электронный ресурс]. – URL: http://static.government.ru/media/files/8SiLmMBgjAN89vZbUUtmuF5lZYfTvOAG.pdf.

10. Уваров А.Ю. Зачем нам эти МУКи // Научно-методический журнал Информатика и образование (https://www.academia.edu/29388650/Уваров_Зачем_нам_эти_МУКи). – 2015. – № 9 (268). – С. 3–17.

11. Рулиене Л.Н. Дистанционное обучение: сущность, проблемы, перспективы. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2010. – 272 с.

12. Гутман С. Образование в информационном обществе. – СПб., 2004.

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.78

Ю.С. Бородкина, Т.Т. Каверзнева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ ШУМОВОЙ НАГРУЗКИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Введение. В современных городах существенным видом загрязнения является шум [1]. С увеличением количества многоэтажных зданий в мегаполисах встает вопрос о распределении шумовой нагрузки как по высоте зданий, так и по их длине. Используя расчетные методики, можно оценить защищенность высотных зданий и предложить эффективные мероприятия по защите городского населения от шума.

Методы исследования – натурные измерения, расчет по данным натурных измерений.

Цели и задачи работы: выявление проблемы неравномерного распределения шума по высоте и длине высотного здания и поиск эффективных решений по шумозащите городского населения, проживающего в многоэтажных зданиях. В статье рассмотрены причины такой неравномерности, влияние сезонности на уровень шума, рассчитана высота акустической тени от защитного экрана и предложены мероприятия по защите от шума верхних этажей, исходя из неполной эффективности экрана.

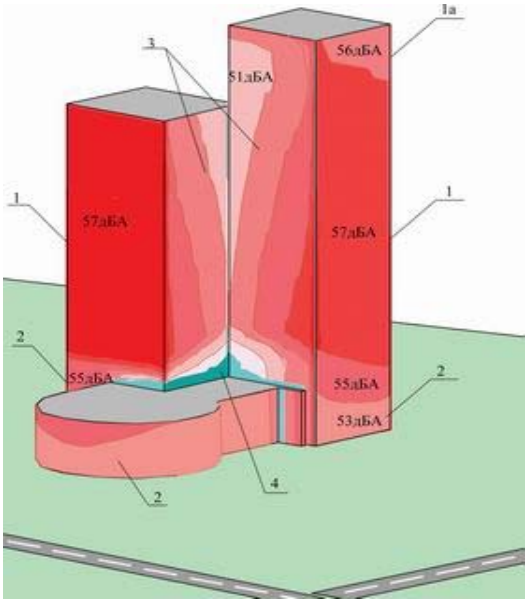


Рис. 1. Модель распределения акустических нагрузок
по высотному жилому комплексу [2]

В современном градостроительстве наблюдается тенденция преобладания многоэтажного строительства на территории современных городов, обусловленная рядом причин – высокой стоимостью земельных участков, стесненностью пространства, интенсивным ростом населения и т.д. При несомненных экономических достоинствах такого типа застройки встает вопрос об эффективности защиты жильцов многоквартирных высоток от шума с учетом распределения шумовой нагрузки по фасаду здания. Известным способом защиты населения от шума транспортного потока по КАД является установка акустических экранов, например, вдоль КАД. Известно, что не всегда удается в нужной мере защитить верхние этажи высоток. Проблема требует поиска решений, причем, необходимо иметь

полную картину распределения шумовой нагрузки по высоте и ширине фасада таких строений. Чтобы получить картину распределения шума была рассмотрена модель высотного жилого комплекса (рис. 1) [2].

Акустический режим внутри помещения в значительной степени определяется расположением квартиры в доме. На небольшой высоте происходит образование «звуковой тени» из-за акустического сопротивления поверхности земли. Самая яркая 1 зона является наименее благоприятной по шумовым показателям из-за сложения друг с другом прямого и отраженного шума. На верхних этажах выявлена зона снижения звука вследствие его затухания в атмосфере.

Сезонность – ещё один аспект в расчете защищенности домов от шума. В соответствие с табл. 1 [2], летом и зимой акустически мягкие поверхности (газон, свежий снег) поглощают большее количество звуковой энергии, чем акустически жесткие, преобладающие весной и осенью. Например, значения акустического сопротивления летнего газона и весенней глинистой почвы отличаются в 27 раз.

Таблица 1. Акустическое сопротивление некоторых поверхностей

Вид покрытия территории	Удельное акустическое сопротивление, рэл (10 Н*с/м^3)
свежий сухой снег	15–30
невысокая трава газона	150–300
глинистая почва со скудной растительность	4000–8000
асфальт	> 20000

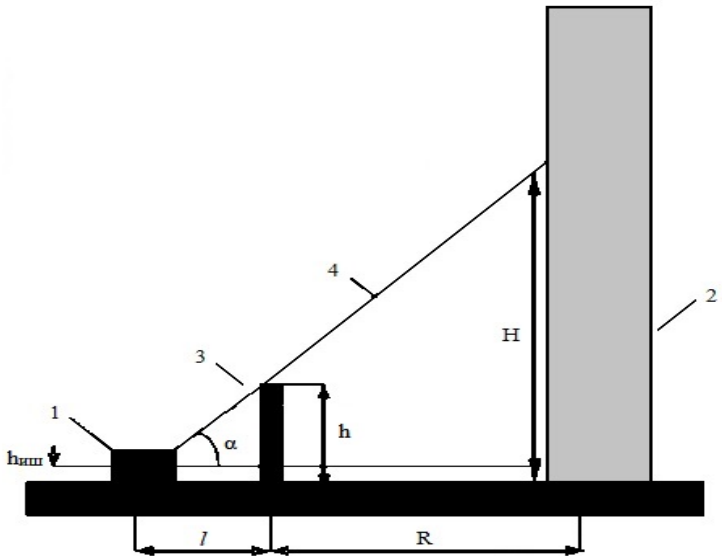


Рис. 2. Схема расположения экрана и граница акустической тени

Для определения защищенности жилых многоэтажных зданий от транспортного шума рассмотрен 20-ти этажный жилой дом на участке селитебной территории в Санкт-Петербурге, прилегающем к кольцевой автомобильной дороге (КАД), вдоль которой установлены акустические экраны (АЭ) для защиты от шума (рис. 2). Высота дома составляет более 60 м, его окна выходят на проезжую часть, что является причиной проникновения транспортного шума в квартиры. Эффективной мерой по шумозащите зданий вдоль транспортных магистралей является установка АЭ.

Определить защищенность можно, рассчитав высоту акустической тени, создаваемой экраном [3]. Расчет высоты производится по формуле:

$$H = R * \operatorname{tg}\alpha + h_{ИШ},$$

где H – высота границы акустической тени, м; R – расстояние от транспортного потока до защищаемого объекта, м;

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h - h_{ИШ}}{L},$$

где h – эффективная высота экрана, м; L – расстояние от экрана до потока автотранспорта, м; $h_{ИШ}$ – высота акустического центра источника шума (автомобиля), м.

Исходные данные, полученные в результате натурных измерений на участке селитебной территории, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Исходные данные

R, м	h, м	hиш, м	L, м	tg α
200	4	1	34	0.088

По известным параметрам произведен расчет высоты акустической тени, создаваемой экраном:

$$H = 200 * 0.088 + 1 = 18{,}6 \text{ м}.$$

Расчет показал, что высота акустической тени является недостаточной величиной для защиты людей, проживающих на верхних этажах, и использование АЭ становится не в полной мере эффективным. В соответствие с формулой расчета высоты акустической тени, для шумозащиты жилого дома требуется проектирование АЭ высотой более 11 м, что является технически сложной и нерациональной задачей.

Данная методика определения защищенности зданий имеет два существенных недостатка: рассматривается распределение шума только по одной составляющей – высоте и не учитываются различные конструкторские решения (наличие арок и проёмов между домов, угловые дома и т.д.), вследствие чего может происходить снижение эффективности АЭ.

Эффективным решением вопроса о защите верхних этажей жилых домов от повышенного шума на стадии проектирования является строительство специальных шумозащитных зданий – высоких и протяженных домов с минимальными разрывами между ними. При невозможности изменения проектных решений для уже существующих жилых кварталов подходящим разрешением проблемы будет являться повышение звукоизоляции оконных проемов при помощи установки специальных шумозащитных окон. Шумозащитные свойства окон позволяют обеспечить снижение уровня шума за закрытым окном не менее 30 дБА [4], что полностью решает проблему проникновения шума на верхние этажи жилых многоэтажных домов.

Вывод. Выявлены неравномерность распределения шумовой нагрузки по фасаду зданий и влияние сезонности на защищенность от шума. В качестве примера произведена оценка защищенности многоэтажного здания на основе расчета высоты акустической тени от АЭ. Предложены мероприятия по шумозащите верхних этажей жилых многоэтажных зданий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бородкина Ю.С., Каверзнева Т.Т. Проблемы оценки шума на селитебных территориях // Актуальные вопросы современной науки / Сборник статей по материалам VII международной научно-практической конференции (8 ноября 2017 г., г. Минск). В 3 ч. Ч.1. – Уфа: Изд. Дендра. 2017. – 215 с. (с. 53–59).

2. Любельский В.В. Если рядом автомагистраль. Шум за окном. Вертикальное распределение акустических нагрузок в многоэтажных жилых домах // Территория планирования. – 2007. – № 1. – С. 55–59.

3. Каверзнева Т.Т., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Вопросы оценки и измерения уровня шума в городских условиях // Сб. статей XVII Международной научно-практической конференции

«Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации». Пенза, 25 мая 2018 г. – Изд-во МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 177–179.

4. Смирнов М.И., Минаев Д.А. Звукоизоляция остекления и акустический комфорт в помещении // СтройПРОФИль. – 2009. – № 1. – С. 46–48.

УДК 629.039.58

Н.А. Зобнина, Л.И. Куулар, А.Ю. Туманов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ УЩЕРБА ПРИ АВАРИИ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Радиационная авария – авария на радиационно-опасном объекте, приводящая к выходу или выбросу радиоактивных веществ и (или) ионизирующих излучений за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации данного объекта границы в количествах, превышающих установленные пределы безопасности его эксплуатации [1].

В настоящее время готовится к эксплуатации первая в мире плавучая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов» (далее ПАТЭС) [2]. Идея создания данного проекта породила массу протестов со стороны организаций по защите окружающей среды. Многие специалисты обоснованно считают, что подобный ядерный эксперимент может закончиться пагубно не только для региона размещения ПАТЭС, но и для всей России.

Целью данной работы является проведение прогнозной оценки ущерба при радиационной аварии на ПАТЭС. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

рассмотреть сценарии запроектной радиационной аварии на ПАТЭС;

рассчитать размеры зон радиоактивного загрязнения;

провести оценку ущерба и потерь населения;

провести оценку прогнозного предотвращенного ущерба;

разработать мероприятия и оценить затраты на мероприятия по снижению риска.

В работе рассмотрены модель оценки ущерба, приведенная в действующей «Единой межведомственной методике оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, классификации и учета чрезвычайных ситуаций» [3], и модель оценки прогнозного предотвращённого ущерба [4].

Объектом исследования является плавучий энергоблок (ПЭБ). В корпусе ПЭБ размещаются реакторные и паротурбинные установки. Здесь же будут размещены хранилища свежих тепловыделяющих сборок (СТВС), отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС), твердых радиоактивных отходов (ТРО) и жидких радиоактивных отходов (ЖРО), электроэнергетическая система (ЭЭС), автоматическая система управления (АСУ) «Лагуна», общесудовые системы и оборудование, а также жилые и служебные помещения. На верхней палубе в 6-м отсеке находятся баллоны с кислородом [5].

В работе предложен гипотетический сценарий запроектной аварии, при котором в качестве исходного события предложен пожар в центральном пункте управления (ЦПУ). В ЦПУ при повышении температуры свыше 45°С выходит из строя система оповещения. Исходя из консервативного подхода предполагается, что если за 30 мин. не были приняты меры для эвакуации баллонов с кислородом, то существует вероятность взрыва в связи с повышением температуры выше 450°С. Давление внутри баллона при такой температуре превышает предельно допустимое. В результате взрыва баллона с кислородом осколки пробивают левый борт и днище. Взрыв газовых баллонов на борту ПЭБ относится к запроектным авариям, т.к. частота реализации составляет меньше 10^{-6} событий в год (в соответствии с НП-064-05 «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на ядерно- и радиационные

опасные объекты») [6].

В результате комбинированного воздействия пожара и взрыва могут быть повреждены хранилища СТВС, ОТВС), ТРО и ЖРО с попаданием ядерных материалов в окружающую среду.

Исходные данные для прогноза радиационного загрязнения: место размещения ПАТЭС – морской порт г. Певек; направление ветра – в основном северо-восточные и юго-восточные, скорость ветра – 1,3–5,2 м/с; состояние облачного покрова – сплошной; доля выброшенных радиоактивных веществ – η=3%.

Зона загрязнения, определяемая направлением ветра, будет распространяться на жилой сектор г. Певек. Размеры возможных зон радиоактивного загрязнения местности на следе облака определены с помощью методики прогнозирования радиационной обстановки при авариях на АЭС [1]. При определении распространения зоны загрязнения принимается юго-восточное направление ветра. Размер зоны загрязнения составляет: зона А (умеренного загрязнения) – 26/1,04 км (рис. 1). Площадь города – 60,32 км², в зону заражения попадает всего – 124,7 км^2, причем на жилой сектор приходится – 7,238 км^2. Плотность населения составляет 71,77 чел./км². Следовательно, в зону умеренного заражения попадает 520 человек. Исходя из пессимистического варианта развития событий, принимается, что смертельную дозу радиации получают работники ПАТЭС – 70 человек (X_3).

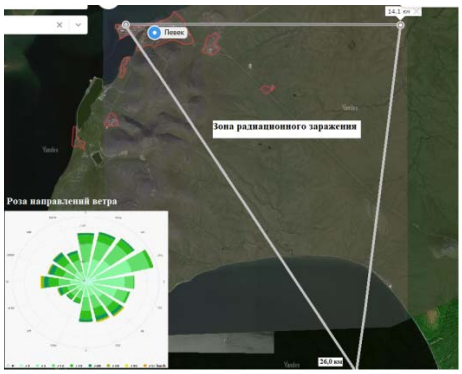


Рис. 1. Прогнозируемый размер зоны радиоактивного загрязнения

Далее проводится оценка прогнозируемого ущерба для населения при радиационной аварии на ПАТЭС. Оценку потерь населения в стоимостной форме Y_1 получить в настоящее время трудно, поэтому в данном случае при отсутствии данных от субъекта РФ предлагается оценить это последствие числом погибших и раненых и не включать в стоимостную оценку [3]. Оценка потерь трудовых ресурсов:

$$Y_2 = \frac{ПС}{ПУ} \cdot T_5 , \quad (1)$$

где ПС – суммарная площадь производственных зданий, получивших свыше второй степени повреждений, м^2; ПУ – производственную площадь, приходящуюся в регионе на одного занятого в производстве, м^2.

Оценка объема затрат на оказание медицинской помощи пострадавшему населению:

$$Y_3 = H_1 \cdot (П - X_3), \quad (2)$$

где П – численность пострадавшего населения (общие, безвозвратные, санитарные потери), чел; X_3 – безвозвратные потери населения, чел.; H_1 – норматив, удельные затраты на медицинское обслуживание одного пострадавшего от ЧС в течение года, тыс. руб.

Оценка объема ущерба в промышленности Y_4 выражается в затратах на восстановление ПАТЭС (стоимость капитального ремонта).

Оценка объема затрат на эвакуацию и расселение пострадавшего населения:

$$Y_5 = H_1 \cdot Z_1, \quad (3)$$

где H_2 – усредненная для субъекта РФ оценка стоимости переселения одного человека; Z_1 – численность расселяемых и эвакуируемых.

Оценка объема затрат на оказание единовременной материальной помощи пострадавшему населению Y_6:

$$Y_6 = H_3 \cdot (X_1 + Z_1), \quad (4)$$

где H_3 – усредненный в расчете на одного пострадавшего норматив выплат в случае ЧС в рассматриваемом субъекте РФ.

$$Y_2 = \frac{4200}{60{,}32} \cdot 70 = 4874.$$

$$Y_3 = 3000(590 - 70) = 1560000.$$

$$Y_4 = 145\ 584\ 000.$$

$$Y_5 = 10000 \cdot 520 = 5200000.$$

$$Y_6 = 2000000 \cdot (590+520) = 2\ 220\ 000\ 000.$$

Платежи за загрязнение окружающей среды, составляют 2700 млн руб. Итого ущерб от радиационной аварии на ПАТЭС составил: 5 072 348 874 руб. Стоимость первой российской ПАТЭС оценивается в 30 миллиардов рублей [7].

Существующая методика позволяет проводить прогнозную оценку прямого и косвенного ущерба, но вместе с тем она имеет ряд недостатков и нуждается в усовершенствовании, так как методика не позволяет оценить затраты на мероприятия по предотвращению аварий и сравнить их с предотвращенным ущербом. Необходимо оценивать ущерб не только детерминированным, но и вероятностным методом с учетом ряда факторов [8, 9].

Дальнейшие исследования направлены на разработку усовершенствованной стохастической математической модели м методики оценки предотвращенного ущерба в соотношении с дисконтированными затратами на предупреждение ЧС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Басенко В.Г., Гуменюк В.И., Танчук М.И. Безопасность жизнедеятельности. Защита в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие. – СПб.: СПбГТУ, 2008. – 259 с.

2. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» [Электронный ресурс]: офиц. сайт – Режим доступа: https://www.rosatom.ru/.

3. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. – 67 с.

4. Туманов А.Ю., Гуменюк В.И., Туманова М.М. Разработка усовершенствованной методики оценки обобщенного риска чрезвычайных ситуаций на потенциально-опасных технических объектах. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2018. – № 2. – С. 52–67.

5. Доклад объединения Bellona. Плавучие атомные станции [Электронный ресурс]. – URL: http://bellona.ru/assets/sites/4/2015/06/fil_Floating-npps-ru1.pdf (Дата обращения 12.10.18).

6. НП-064-05. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии: утв. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору 20.12.2005. № 16 – Введ. 1.05.2006. – М.: ОНТИ НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, 2005. – 63 с.

7. Информационное агенство “REGNUM” [Электронный ресурс]. – URL: https://regnum.ru/news/2386841.html (Дата обращения 12.10.18).

8. Tumanov A., Gumenyuk V., Tumanov V. Development of advanced mathematical predictive models for assessing damage avoided accidents on potentially-dangerous sea-based energy facility IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Сер. "Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017". – 2017. – С. 012027.

9. G. Petrov and A. Tarmaev. “Modeling of railway vehicles movement having deviations in the content of running parts”. Proceedings of the International Conference «Aviamechanical Engineering and Transport» (AVENT 2018). Series: Advances in Engineering Research, Atlantis Press, 2018, vol. 158, pp. 410-415. DOI:10.2991/avent-18.2018.79.

УДК 004.932.2

Д.И. Савельев, О.А. Зыбина, И.А. Бабиков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ КАПЕЛЬ ВОДЫ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ СИСТЕМАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Пожары представляют собой огромную угрозу для жизни и здоровья населения, а также имущества. Зачастую они влекут за собой большое количество человеческих жертв и значительных разрушений. Что заставляет тщательно подходить к обеспечению пожарной безопасности, в которой можно выделить два направления: тушение пожаров и меры их предотвращения.

В данной статье будет рассмотрен один из способов тушения возгораний, а именно автоматические установки пожаротушения (АУПТ), которые представляют собой оросители, начинающие выпуск тушащего вещества самостоятельно, без непосредственной команды человека, по достижении определённого контролируемого показателя, который сигнализирует об огне.

Использование распылённой воды имеет ряд преимуществ перед тушением огня из пожарного шланга. При втором варианте большая часть воды не участвует в процессе, происходит лишь охлаждение пожарной нагрузки, может произойти срыв пламени. При распылении же происходит охлаждение путём разбавления газов водяным паром. Если среднеарифметический диаметр капель распылённой струи не превышает 150 мкм (тонкораспылённая струя), то также происходит охлаждение самой химической зоны реакции [1].

Для определения дисперсности используется специальная методика.

Актуальность работы заключается в том, что использование этой методики является достаточно сложной, неточной работой.

Действующая методика проводится следующим образом:

1. Распыление воды.
2. Улавливание капель на плошки, обработанные специальной смесью.
3. Их фотографирование.
4. Ручной замер диаметров капель и расчёт среднеарифметического диаметра [2].

Основной задачей, рассмотренной в данной статье, будет совершенствование методов определения диаметров этих капель при помощи программы MATLAB, тем самым сократив время обработки информации и увеличив точность полученных результатов.

MATLAB – это высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчётов и визуализации результатов [3]. В ходе работы был использован Image Processing Toolbox, пакет, расширения MATLAB, содержащий полный набор типовых эталонных алгоритмов для обработки и анализа изображений, в том числе функций фильтрации, частотного анализа, улучшения изображений, морфологического анализа и распознавания [4].

В качестве исходных данных была получена фотография плошки с каплями на ней (рис. 1). Так как изображение обладает неравномерно засвеченным фоном по полю изображения, то сначала была произведена операция вычитания изображения фона из исходного изображения. После выполнения данной операции изображение имело более равномерный фон и стало более тёмным, поэтому был повышен контраст изображения. Следующим шагом является создание бинарного изображения. При помощи определённых функций существует возможность подсчитать количество капель и оценить их размер. Текст данной программы представлен на рис. 2.

Рис. 1. Фотография плошки

Editor - C:\Users\savel\OneDrive\Конференции\НН-2018\Ploshka.m

Ploshka.m

```
1 -    I = imread('Плошка круг.jpg');
2 -    background = imopen(I,strel('disk',15));
3 -    I2 = imsubtract(I,background);
4 -    I3 = imadjust(I2,[0 0.2],[]);
5 -    bw = im2bw(I3,0.5);
6 -    figure, imshow(bw)
```

Рис. 2. Текст программы

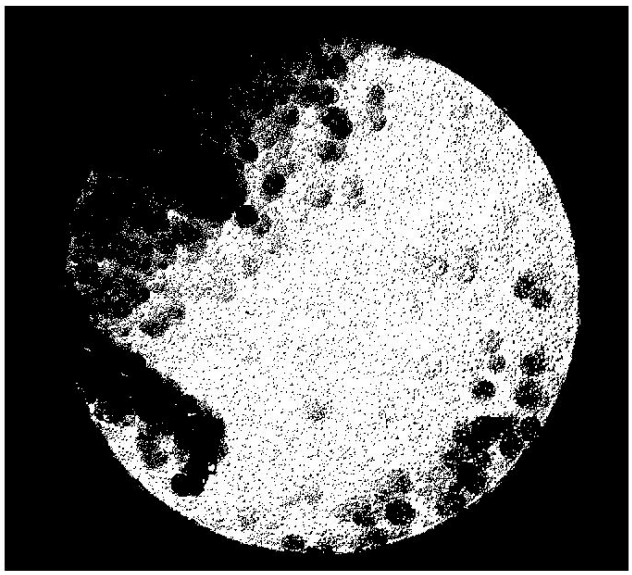


Рис. 3. Обработанная фотография плошки

В результате данных преобразований было получено следующее изображение (рис. 3). Но можно сразу обратить внимание, что программа не выполнила своей задачи, т.к. не были определены многие капли. А те, что были диагностированы, заменены простыми точками.

Причину неудачи можно заключить в том, что капли неравномерно отражают свет, тем самым по-разному подсвечены центр и периферия, а также уже упомянутая засветка фона. Решение данной проблемы является целью дальнейших исследований. Уже выбрано несколько путей для решения этой проблемы. Среди них использование программного обеспечения типа Photoshop для создания более равномерной фотографии, или нанесение на плошку перед орошением гидрохромной краски, которая меняет свой свет при смачивании, тем самым после удаления капель с плошки получается фотография, точно свидетельствующая о их количестве и размере без помех в виде бликов.

Подводя итоги, можно заключить, что применение подобных инструментов является перспективным направлением, но требует доработки как самого процесса, так и подготовительных этапов (как, например, само фотографирование плошки). Если будут разработаны методики, то это даст большую точность испытаний и их удобство, тем самым повысив безопасность людей и их имущества.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Танклевский Л.Т., Жаров С.А., Груданова О.В. Нормативно-техническая база по применению установок пожаротушения тонкораспылённой водой // БДИ. – 2003. – № 4.

2. ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие требования. Методы испытаний».

3. MATLAB // MATLAB и Simulink центр компетенций компании Mathworks. Консультации по продуктам, вопросы лицензирования, покупки и внедрения. – URL: https://matlab.ru/products/matlab (дата обращения: 13.10.2018).

4. Image Processing Toolbox // MATLAB и Simulink центр компетенций компании Mathworks. Консультации по продуктам, вопросы лицензирования, покупки и внедрения. – URL: https://matlab.ru/products/image-processing-toolbox (дата обращения: 13.10.2018).

УДК 629.039.58

М.В. Хороших, В.В. Яковлев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГАЗА МАГИСТРАЛЬНЫМ ГАЗОПРОВОДОМ

Природный газ – важнейший энергоноситель. Использование его в качестве топлива почти на четверть покрывает мировую потребность в энергии за год [1]. Кроме того, он чище по составу выбросов при сжигании, чем другие ископаемые источники энергии. Россия занимает первое место по количеству разведанных запасов природного газа, что позволяет обеспечивать не только потребности отечественных потребителей, но и играть ключевую роль в газоснабжении других стран. Поэтому вопросы разведки месторождений, добычи и транспортировки природного газа очень важны для нашей страны.

Наиболее распространенный способ доставки газа от месторождения к потребителям – подача сжатого или сжиженного газа по трубопроводам. Собственником российского сегмента Единой системы газоснабжения является публичное акционерное общество «Газпром». По данным, предоставляемым компанией, за 2017 год всего газотранспортной системой было перекачано 672,1 млрд. м^3, из них 232,4 млрд. м^3 за рубеж [2]. Вместе с тем эксплуатация газопроводов представляет большую опасность. Газ, попадая в атмосферу, может быть источником пожара и взрыва. Среди последствий аварийного взрыва топливно-воздушных смесей – повреждение и разрушение зданий и сооружений, угроза жизни и здоровью людей, находящихся в зоне действия поражающих факторов. Кроме того, аварии ведут к утечкам природного газа, в результате которых прерывается газоснабжение. Ущерб

состоит из затрат на ремонт и восстановление поврежденного участка газопровода, стоимости потерянного газа, а также экономических последствий для потребителей в лице промышленных предприятий и населения. Исходя из этого, крайне важными являются вопросы расчета рисков аварий на газопроводе и оценки последствий от их реализации.

Цель работы: сбор статистических данных, их анализ для прогнозирования риска аварий как меры опасности на ближайшее время. Для достижения цели была поставлена задача: рассчитать вероятность возникновения хотя бы одной аварии на газотранспортной системе за фиксированный промежуток времени, например, за последующие десять лет.

По данным Государственных докладов о состоянии защиты населения и территорий РФ от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера за 2013–2017 годы, была составлена табл. 1 [3]. Также были проанализированы сведения Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзора) об авариях на объектах нефтегазового комплекса [4]. Были рассмотрены результаты расследований аварий на газопроводах. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 1. Количество ЧС при эксплуатации магистральных газопроводов

Год	2013	2014	2015	2016	2017
ЧС на магистральных газопроводах:	5	4	0	4	1
локальные	4	1	0	2	1
муниципальные	1	3	0	2	0
Материальный ущерб, млн. руб.	7,7	43,6	0	53,8	0

Таблица 2. Аварии газопроводной системы

Год	2014	2015	2016	2017
Общее число аварий	19	28	24	39
Ущерб, млн. руб.	63,7	105,3	128,4	104,4
Пострадавших	11	7	1	14
Погибших	0	1	0	5
Аварии, ставшие причиной пожара	7	5	7	10
Аварии, ставшие причиной взрыва	2	3	1	4

Из данных таблицы 2 следует, что количество аварий на газопроводах за предыдущие четыре года колебалось от 19 до 39. В среднем в год происходило 27,5 аварии.

Общая протяженность газораспределительной сети составляет 746,3 тыс. км [5]. Тогда интенсивность аварий в год на тысячу километров газопровода:

$$\lambda_{\Gamma} = \frac{27{,}5}{746{,}3} = 0{,}04 \ \frac{1}{тыс.км \cdot год}. \quad (1)$$

Аварии возникают независимо друг от друга (свойство отсутствия последействия) и от начала наблюдения (свойство стационарности), а также практически невозможно одновременное наступление двух и более аварий за бесконечно малый промежуток времени (свойство ординарности), поэтому возникновение аварий можно рассматривать как простейший поток случайных событий [6]. В этом случае можно воспользоваться законом Пуассона, согласно которому:

$$P(n,\lambda,t) = \frac{(\lambda \cdot t)^n}{n!} \exp(-\lambda \cdot t), \quad (2)$$

где n – число аварий, t – рассматриваемый промежуток времени, $P(n,\lambda,t)$ – вероятность наступления ровно n аварий за время t с интенсивностью λ.

Тогда ни одной аварии за последующие десять лет не произойдет с вероятностью:

$$P(0,\lambda,10) = P_0 = \frac{(\lambda \cdot t)^0}{0!}\exp(-\lambda \cdot t) = \exp(-\lambda \cdot 10). \quad (3)$$

Из этого следует, что, хотя бы одна авария на газотранспортной системе произойдет с вероятностью:

$$P(\geq 1,\lambda,10) = 1 - P_0 = 1 - \exp(-\lambda \cdot 10), \quad (4)$$

$$P(\geq 1,\lambda_Г,10) = 1 - \exp(-0{,}04 \cdot 10) = 1 - 0{,}69 = 0{,}31. \quad (5)$$

Таким образом, за последующие десять лет на каждую тысячу километров газотранспортной системы произойдет одна или более аварии с вероятностью 31%.

Среднее число аварий на газотранспортной системе недостаточно достоверно, так как коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\langle x \rangle} = \frac{7{,}762}{27{,}5} = 0{,}28, \quad (6)$$

где $\langle x \rangle$ – среднее число аварий в год, σ – среднеквадратическое отклонение.

Это может быть связано с тем, что материалы по авариям представлены за относительно небольшой промежуток времени (четыре года), а также собранная статистика основана на данных, размещенных Ростехнадзором в свободном доступе, и может не соответствовать реальному числу аварий газотранспортной системы и интенсивности аварий на тысячу километров в год. Тем не менее, на основе вышеизложенной методики, имея более полную статистику или достоверное значение интенсивности аварий, по формулам (2) – (4) можно рассчитать риск возникновения аварий за требуемый промежуток времени.

Проведем, например, расчет вероятности по средней интенсивности аварий на магистральных газопроводах на тысячу километров в год. По данным, предоставляемым компанией «Газпром», средняя интенсивность [7]:

$$\lambda_{МГ} = 0{,}2 \ \frac{1}{тыс.км \cdot год}.$$

По формулам (2) – (4) рассчитаем вероятность того, что произойдет хотя бы одна такая авария:

$$P(\geq 1,\lambda_Г,10) = 1 - \exp(-0{,}039 \cdot 10) = 0{,}86. \quad (7)$$

За последующие десять лет на каждую тысячу километров магистрального газопровода произойдет одна или более аварии с вероятностью 86%. По статистическим данным почти каждая авария на линейном участке газопровода привела к воспламенению образовавшейся топливно-воздушной смеси. Кроме того, при пожаре или взрыве, возникающих вследствие таких аварий, увеличивается число пострадавших и тяжесть их поражения, а материальный ущерб от разрушений зданий и сооружений значительно больше, чем при авариях на газораспределительных участках. Поэтому анализ обстановки и планирование мероприятий, направленных на снижение риска аварийных ситуаций и последствий от пожаров и взрывов при транспортировке газа магистральным газопроводом, представляют собой актуальную проблему техносферной безопасности. Количественно характеристики и последствия от реализации взрыва при аварии с истечением природного газа и возможный нанесенный ущерб будут рассчитаны в бакалаврской выпускной квалификационной работе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Statistical Review of World Energy 2017 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf (дата обращения: 11.10.2018).

2. Единая система газоснабжения России [Электронный ресурс] // Газпром. – URL: http://www.gazprom.ru/about/production/transportation/ (дата обращения: 5.10.2018).

3. Итоги деятельности МЧС России [Электронный ресурс] // Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий

стихийных бедствий. – URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/results (дата обращения: 25.09.2018).

4. Уроки, извлеченные из аварий [Электронный ресурс] // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – URL: http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/ (дата обращения: 25.09.2018).

5. Как транспортируют природный газ [Электронный ресурс] // Газпром. – URL: http://www.gazprominfo.ru/articles/natural-gas-transportation/ (дата обращения: 5.10.2018).

6. Яковлев В.В. Риск в природно-технической среде [Текст] / В.В. Яковлев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 510 с.

7. Как доставить газ без опасности [Электронный ресурс] // Газпром. – URL: http://www.gazprominfo.ru/articles/safety/ (дата обращения: 5.10.2018).

ФАКУЛЬТЕТ ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

УДК 519.6

А.И. Хохлявин, Л.С. Шульдешов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ НА БОЕВЫЕ ДЕЙСТВИЯ

Актуальность. Невозможно представить себе функционирование многоступенчатой системы любого направления деятельности человека без применения в её структуре и логике работы элементов программирования. Так или иначе, все сферы жизни человека не могут быть полноценно описаны без применения алгоритмических подходов. Именно поэтому профессия «программист», как нам видится, в «чистом виде» вскоре покинет атлас профессий будущего, потому что, как самостоятельная единица занятости человека без приложения к какой-либо конкретной области знаний: веб-разработке, математической физике, военном деле и др. она не будет востребована.

Динамическое программирование является следующим звеном в развитии классического (линейного) программирования. Говоря проще, это алгоритм, следующий шаг которого напрямую зависим от результата выполнения предыдущего шага. Нередко в таком подходе возникают функции, ссылающиеся сами на себя или определяемые сами через себя. Такие функции и соответственно алгоритмы называются рекурсивными.

Сфера применения динамического программирования обширна. Как правило, оно применяется для исследования взаимосвязанных многошаговых (многоэтапных) процессов, к которым относятся боевые действия, что определяет актуальность данной работы.

Целью работы является построение математической модели задачи выбора приоритетных целей для поражения зенитно-ракетной системой, а также решение реальной задачи по максимизации эффективности боевых действий в условиях ограничения ресурсов.

Для достижения поставленной цели в работе применялись *методы исследования*: динамическое программирование, теория вероятностей [1], математическая статистика, теория графов.

На практике часто задачу, для упрощения решения, разбивают на микрозадачи, причём такое разбиение может быть естественным или искусственным. Так, например, произвести декомпозицию процесса обстрела ЗУР (или любого другого средства воздушно-космического нападения – СВКН) противника средствами ПВО можно, например, так: стрельба первой ЗРС (зенитно-ракетной системы) дальнего действия по ЗУР, затем стрельба второй ЗРС среднего действия по ЗУР и так далее. Такой приём позволяет расширить область применимости метода динамического программирования.

В общем виде постановка задачи динамического программирования [2] сводится к исследованию действий, распадающихся на ряд взаимосвязанных шагов (этапов). Так как этапы взаимосвязаны, то каждый последующий, напрямую зависит от всех предыдущих и непосредственно влияет на операцию в целом. Задача заключается в максимизации эффективности на каждом этапе.

Впервые задача динамического программирования была сформулирована в 1897 году как абстрактная математическая задача. Позже она получила имя «проблема рюкзака» или, в оригинале, «knapsack problem». Такое название задачи встречается в трудах математика Тобиаса Данцига, а её смысл заключается в том, чтобы упаковать наиболее ценные и полезные вещи в рюкзак так, чтобы не было перегрузки по весу [3].

Позднее задача получила широкое распространение, особенно, с появлением возможности быстрых компьютерных вычислений, перейдя в многомерную формулировку. Более того, она получила применение в совершенно неожиданных областях, активно применяется в криптографии [4], которая, к слову, развивалась с древнейших времён, а сейчас используется в самых совершенных алгоритмах шифрования.

Рассмотрим реализацию задачи динамического программирования при построении математической модели в целях максимизации эффективности ведения боя.

В общем виде математическая модель динамического программирования:

$$W(u) = W(u_1) + W(u_2) + \cdots + W(U_n) = \sum_{i=1}^{n} W(U_i), \quad (1)$$

где $W(u)$ – критерий, определяющий эффективность многошаговых действий, $W(u_i)$ – частные критерии, определяющие эффективность отдельных этапов операций

В качестве примера, рассмотрим конкретную задачу. Системой ПВО ЗРС С-300ПС зафиксировано несанкционированное нарушение воздушного пространства суверенного государства с целью обстрела важных стратегических объектов. В качестве СВКН противника были обнаружены: системы предварительной разведки на базе беспилотных летательных аппаратов (дронов), сверхзвуковой стратегический бомбардировщик Rockwell B-1 Lancer и ЗУР из состава ЗРС Patriot модификации MIM-104.

В нашем распоряжении: 4 ЗУР из состава ЗРС С-300ПС. Численно характеристики СВКН противника представлены в таблице 1. Поставленная задача: наиболее грамотно распределить силы в борьбе с противником и минимизировать ущерб, что соответствует типовой постановке задачи динамического программирования.

Для упрощения представления информации, составим таблицу, в которой представим вероятности уничтожения заданной цели при одновременном расходе от 1 до 4 ракет на одно СВКН противника (см. табл. 1).

Таблица 1. Классификация и численная оценка СВКН противника

				Число ракет в залпе по конкретному СВКН (N)			
Тип СВКН	*H**	D**	V=H·D	1	2	3	4
1. Дрон	0,90	0,20	0,18	0,07	0,18	0,25	0,33
2. Rockwell B-1	0,75	0,95	0,71	0,20	0,45	0,73	0,91
3. MIM 104 Patriot	0,65	0,80	0,52	0,31	0,44	0,82	0,96
				Вероятность поражения СВКН (P)			

Коэффициенты в табл. 1: H (hardness) – коэффициент сложности поражения воздушной цели средствами ПВО, D (dangerousness) – коэффициент опасности СВКН, рассчитанный на основании полезной боевой нагрузки СВКН и других характеристик (предположительное значение).

За математический критерий оценки эффективности стрельбы по СВКН противника примем математическое ожидание необходимости обстрела (или «ценности» – V) цели, как произведения коэффициента сложности (H) на коэффициент опасности (D), тогда

$$W_{\text{необх}} = \sum_{i=1}^{n} (H_i \cdot D_i) \cdot P_i \cdot N_i = \sum_{i=1}^{n} V_i \cdot P_i \cdot N_i. \quad (2)$$

Здесь V_i – «ценность» цели для уничтожения, P_i – вероятность поражения цели ЗУР, N_i – число ЗУР, выстреливаемых по СВКН противника.

Декомпозируем задачу: первый шаг – стрельба по первому типу СВКН и так далее.

Проиллюстрируем задачу и её решение с помощью графа (см. рис. 1) состояний системы. Здесь каждое состояние обозначается латинской буквой S с двумя индексами [5].

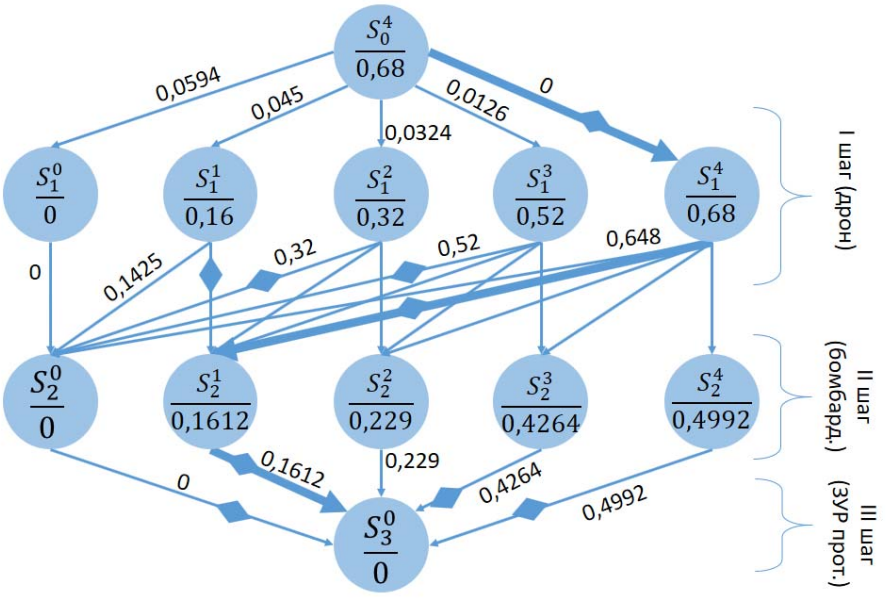


Рис. 1. Граф состояний системы
(стрелки, ведущие от 1 шага ко 2 и имеющие одинаковый наклон,
имеют и одинаковые веса, которые подписаны не везде в целях упрощения рисунка)

Нижний индекс отвечает за номер цели, решение по обстрелу которой принимается на данном этапе, а верхний – количество оставшихся в запасе зенитно-управляемых ракет. На стрелках указан ущерб, наносимый противнику. Так, на первой верхней стрелке слева стоит число 0,0594, которое получено путём перемножения вероятности поражения дрона четырьмя последовательными залпами ЗУР и «ценности» (V) цели для поражения.

Будем подниматься выше по графу и оценим эффективность действий на втором шаге. Для этого суммируем эффективность третьего шага (0) с числами, стоящими на стрелках, соединяющих кружки второго шага с кружками третьего, которые, в свою очередь, олицетворяют собой веса рёбер нашего графа состояний и суть численные оценки полезности передвижений по соответствующим рёбрам графа, то есть выбора определённых действий на каждом шаге боевой задачи. После суммирования запишем эти числа в знаменатели, в кружки на втором шаге. На следующем шаге будем уже определять эффективный маршрут по графу и суммировать числа, стоящие в знаменателях кружков второго шага с числами, стоящими на стрелках, идущих в соответствующие кружки. Максимальные значения таких сумм (ведь мы стараемся добиться максимального результата боевой операции в целом, а стало быть, необходимо обеспечить максимальную ценность каждого из промежуточных шагов задачи после проведения её декомпозиции) будем записывать в знаменатели кружков первого шага.

Ту же операцию произведём и для самого верхнего кружка нашего графа, записав в его знаменателе максимальное итоговое число – 0.68.

На протяжении анализа всех этапов боевой операции, важно запоминать рёбра, которые дают максимальную эффективность на текущем шаге и в текущем состоянии графа. Мы отмечаем такие рёбра графа ромбом. Первый этап анализа графа состояний системы завершён. Переходим ко второму этапу.

На втором этапе необходимо определить оптимальное управление стрельбой в целом. Для этого надо проследить путь, ведущий нас к наибольшей эффективности операции, численное значение которой равно 0,68. Для этого необходимо двигаться по графу уже сверху вниз, проходя только по рёбрам, отмеченным ромбом. Для наглядности оптимальный маршрут целиком выделен жирной линией на рис. 1. Оптимальным маршрутом будет: $S_0^4 \rightarrow S_1^4 \rightarrow S_2^1 \rightarrow S_3^0$.

Выводы. Таким образом, в ходе решения нетривиальной боевой задачи методом динамического программирования определена оптимальная стратегия ведения боя: дрон не атаковать, бомбардировщик атаковать тремя последовательными залпами ЗУР, а четвёртую, из доступных ЗУР, применить по ракете MIM 104 ЗРС Patriot.

Сложно переоценить роль динамического программирования в жизни человека, но можно сказать наверняка, что наличие заранее просчитанных этим методом основных исходов ведения боевых действий и выбор наиболее эффективных позволяют улучшить тактику ведения боя, как на земле, так и в воздухе или на море.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с.
2. Емельянов Л.А. Основы моделирования боевых действий / Л.А. Емельянов. – Л.: Типография ВВМКУ имени М.В. Фрунзе, 1983. – 144 с.
3. Silvano Martello. Knapsack Problems (Series: Algorithms and Computer Implementations) / Silvano Martello, Paolo Toth – DIES, University of Bologna / Great Britain by Biddles Ltd, Guildford, 1990. – 306 p.
4. Осипян В.О. О системе защиты информации на основе проблемы рюкзака / В. О. Осипян // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. – 2006. – Т. 309, № 2. – С. 209–212.
5. Окулов С.М. Динамическое программирование / С.М. Окулов, О.А. Пестов – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 296 с.

УДК 681.51, 007.52

О.В. Литвинов, Д.В. Вибе, А.Х. Юсупов, В.И. Богданов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОХРАНЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ

Актуальность. В работе рассматривается концепция системы охраны сухопутных и морских границ Российской Федерации посредством использования соответствующих робототехнических комплексов. Предполагается наличие одного или нескольких командных центров, целью которых является накопление и обработка информации, поступающей с пограничных робототехнических систем и управление этими системами. Робототехнические комплексы выполняют функции наблюдения и охраны правопорядка на подконтрольных им участках государственной границы (рис. 1).

Актуальность внедрения данной концепции заключается в следующем:

1. Уменьшение потерь личного состава в случае внезапного нападения.
2. Повышение качества наблюдения за счёт использования систем технического зрения.
3. Возможность полностью ликвидировать слепые зоны в малонаселённых и труднодоступных частях страны.
4. Возможность централизованного сбора и анализа информации (аудио- и видеофайлы, данные с датчиков), полученной на границе государства.
5. Уменьшение стоимости охраны границ государства в долгосрочной перспективе за счёт замены людей роботами.

По сравнению с имеющимися роботизированными системами охраны и обороны специальных объектов и участков границы [1] в данной статье уделяется внимание преимущественно оснащению роботов и их взаимосвязи между собой и с центром.

Охрана сухопутных границ. Сухопутные участки границы Российской Федерации планируется оснастить наблюдательной интеллектуальной системой (ИС), которая будет производить автоматический сбор и анализ информации о нарушении пограничного режима.

С помощью этой системы пограничные войска смогут дистанционно контролировать обстановку на границе [2].

Рис. 1. Визуализация концепции охраны границ России

В местах, где рельеф границы имеет равнинный характер, для контроля достаточно установки средств видеонаблюдения, оснащенных ИС, системой технического зрения (СТЗ) и системой ночного зрения (СНЗ). Для холмистой и горной местности предлагается ведение наблюдения беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), также оснащёнными ИС, СТЗ и СНЗ.

Помимо перечисленных систем данные аппараты могут быть также оснащены приборами радиационной, химической и биологической разведки. Это могут быть как беспилотные самолёты, так и крупные дроны с длительным временем полёта без подзарядки. На участках границы, где наиболее вероятно появление нарушителей, необходимо присутствие вооружённых сил в виде сухопутных боевых роботов, способных пресечь возможное нарушение пограничного режима относительно небольшими группами преступников.

К сухопутным боевым роботам относятся наземные боевые машины – это беспилотные военные автомобили, системы разведки, охранные системы, роботы-сапёры, а также полноценные боевые комплексы [3].

Информация, собираемая средствами наблюдения (СН), должна сразу же передаваться в ближайший командный центр пограничных войск для дополнительного анализа и принятия решений.

Связь между СН и командными центрами устанавливается сетью наземных, воздушных, морских или космических ретрансляторов. Управление установлением связи осуществляет специальная интеллектуальная система, составляющая наиболее оперативные каналы связи, следящая за положением и состоянием ретрансляторов. Также система связи ведёт учёт рисков выхода из строя ретрансляторов в ходе боевых действий и заранее подбирает дополнительные каналы связи.

Охрана морских границ. Большая часть границ РФ – морская. Охрана водных границ государства по сравнению с сухопутными представляет для человека большую сложность, поэтому внедрение роботизированных систем на морских границах представляется наиболее важным направлением.

С воздуха, как и на суше, патруль предлагается осуществлять с помощью БПЛА, которые должны быть оснащены системами машинного зрения для визуального выявления нарушителей в воздухе и на поверхности воды.

Предполагается, что для патрулирования с воздуха достаточно перемещения по заданному маршруту. Для увеличения надёжности патрулирования БПЛА могут связываться с надводными и подводными аппаратами и передавать им координаты подозрительных объектов с целью более детального изучения их вблизи. В то же время самому БПЛА могут приходить указания для проверки областей, которые показались подозрительными после обработки и более тщательного рассмотрения в командном центре. Помимо этого, БПЛА также могут быть оснащены сетями для немедленного захвата дронов, незаконно пересекающих границу [4].

БПЛА непрерывно передают данные со всех систем контроля в командные центры для анализа, поиска незамеченных нарушителей и хранения.

Надводные беспилотные аппараты также должны быть оснащены ИС, СТЗ и СНЗ. Их задача состоит в более детальном (по сравнению с БПЛА) осмотре подозрительных объектов и задержании или уничтожении нелегальных целей на поверхности воды. Надводные аппараты, так же как и БПЛА, должны двигаться по заранее заданному маршруту, но при этом присваивать больший приоритет координатам, полученным от БПЛА.

Для контроля пространства под аппаратом могут быть использованы гидролокаторы, а в районах, где видимость под водой позволяет, также могут быть использованы СТЗ. Данные также должны непрерывно передаваться в командные центры. Если это возможно – напрямую от надводного аппарата, в противном случае – используя БПЛА в качестве ретранслятора. Подводные беспилотные аппараты представляют собой небольшие подводные лодки, способные длительное время незаметно находиться под водой и оснащённые акустическими, магнитными, и химическими датчиками.

При необходимости также могут быть установлены перископы и СТЗ. В наиболее опасных точках подводные беспилотные аппараты могут быть оснащены торпедами. Основная задача таких подводных аппаратов – не создавая слепых зон, обеспечивать непрерывное сканирование подводного пространства. Все данные также необходимо отсылать в командные центры. С целью увеличить скрытность, связь предполагается осуществлять, используя в качестве ретранслятора надводные аппараты.

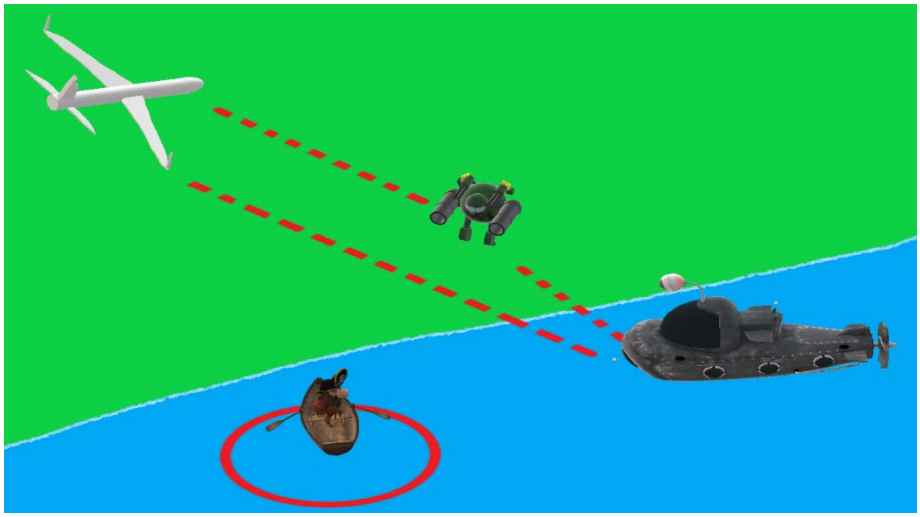


Рис. 2. Пример взаимодействия БПЛА, морских и сухопутных роботов

Взаимодействие. Морские и сухопутные боевые роботы, а также БПЛА контролируются единой системой командных центров и в случае необходимости могут обмениваться

информацией между собой. На рис. 2 показан пример, где нарушитель (обведённый красным кругом) намерен высадиться на сушу.

При этом, находясь на удалении, морской робот совершал его сопровождение средствами наблюдения и передавал координаты ближайшим к нарушителю БПЛА и сухопутному боевому роботу. БПЛА, после визуального нахождения нарушителя даёт команду морскому роботу прекратить сопровождение и вернуться к своему маршруту патрулирования. БПЛА отдаёт команду сухопутному роботу на сближение с нарушителем. Как только преступник совершит высадку на сушу, будет задержан сухопутным роботом или подавлен его боевыми средствами по указанию командного центра.

Уязвимость роботов. Робототехнические комплексы по своей сути имеют большое количество полупроводниковых элементов: различных датчиков, вычислительных микросхем и т.д.

Полупроводниковые компоненты помимо очевидных плюсов имеют важный недостаток – восприимчивость к электромагнитному воздействию. Такое воздействие может привести к серьёзному функциональному нарушению в работе сложной аппаратуры.

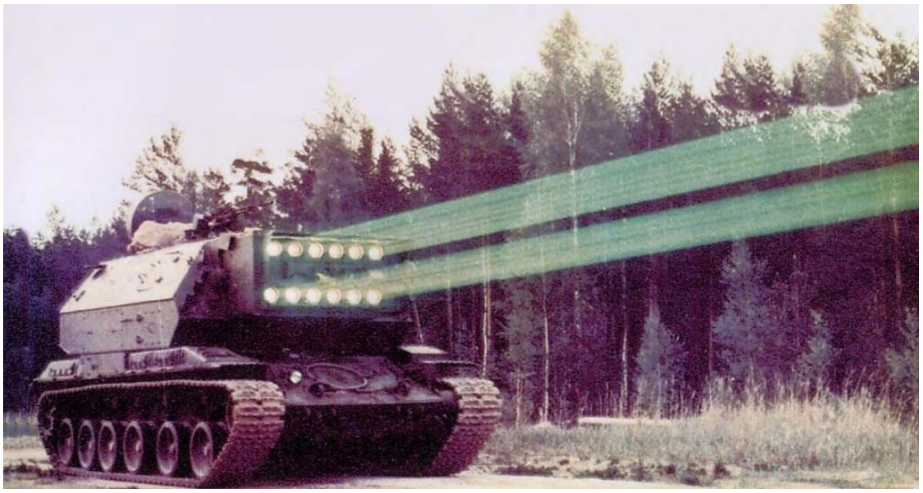


Рис. 3. Облучение электромагнитным импульсом

Как известно, наведённое внешнее излучение (рис. 3) порождает в замкнутых контурах аппаратуры токовые импульсы высокой амплитуды, из-за чего происходит пробой и разрушение полупроводниковых компонентов, микросхем робота. На степень повреждения влияет сила электромагнитного импульса, который может поразить как отдельные узлы робота, такие, как камеры, сенсоры, которые по своему функционалу более чувствительны к подобным воздействиям, так и всю электронику в целом.

Данная проблема компенсируется применением следующих средств электромагнитной защиты:

1. Блокирование входа части энергии электромагнитного импульса.
2. Подавление индукционных токов внутри электрических схем быстрым их размыканием.
3. Использование электронных устройств нечувствительных к электромагнитным импульсам [5].

Такие средства способны, как минимум, защитить «жизненно важные» узлы робота, позволяющие ему успешно выполнять задачу, даже с потерей ряда функций. Не углубляясь в подробное описание действия экранирования, отметим, что простейшим и достаточно эффективным средством является обшивка робота экраном из меди или серебра толщиной 0.1 мм и более для борьбы с излучением частотой свыше 10 МГц.

Вывод. Предложенная в статье концепция охраны государственной границы России уже имеет отражение в событиях по довооружению отдельных пограничных застав роботами, действующими в экспериментальном режиме [2]. Концепция представляется как реальная роботизированная система охраны границ нового поколения, способная поднять качество соблюдения пограничного режима на новый уровень и свести возможность его безнаказанного нарушения к нулю за счёт применения современных средств наблюдения, ликвидирующих все слепые зоны границы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Роботизированная система охраны и обороны специальных объектов и участков границы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://docplayer.ru/36776510-Robotizirovannaya-sistema-ohrany-i-oborony-specialnyh-obektov-i-uchastkov-granicy.html (дата обращения: 12.10.2018).

2. Умные роботы защитят границы России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rg.ru/2017/05/28/umnye-roboty-zashchitiat-granicy-rossii.html (дата обращения: 12.10.2018).

3. Колпаков С.Г., Мячиков А.Д. Классификация роботов по использованию, передвижению и компонентам [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – Электрон. журн. – 2017. – № 3. – С. 241–244. – Режим доступа: https://moluch.ru/archive/137/36438/ (дата обращения: 12.10.2018).

4. Drone wars: new UAV interceptor billed as net-firing solution to rogue flying [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.theguardian.com/technology/2016/jan/12/drone-wars-uav-interceptor-net-firing-solution-rogue-flying (дата обращения: 12.10.2018).

5. Умри все неживое... или как уничтожить электронику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://technowars.defence.ru/article/10092/ (дата обращения: 02.12.2018).

УДК 620.92

О.В. Петров, Н.В. Гаврилов, Д.А. Голышев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Актуальность. Большую долю применяемых сегодня источников электроэнергии составляют тепловые, гидравлические и атомные электростанции. Одним из потребителей электрической энергии являются Вооруженные силы. К местам постоянной дислокации частей, соединений, военных учреждений и объектов подводятся линии электропередач. Во время выезда подразделений из места постоянной дислокации – в полевых условиях электроснабжение войск, частей, подразделений в основном осуществляется от автономных источников электропитания. В Вооруженных силах широкое применение нашли передвижные дизельные генераторы – самоходные электрогенерирующие установки. Такие подвижные электростанции необходимы практически в каждом военном подразделении. Электрическая энергия необходима для обеспечения быта военнослужащих, для приготовления пищи, установлении связи, работы вычислительных комплексов и обеспечении безопасности временных военно-полевых баз. На сегодняшний день существует возможность применения альтернативных источников энергии в полевых условиях.

Разнообразие альтернативных источников энергии растет, как и интерес к ним, ввиду того что топливом для таких установок являются солнечные лучи, свет, ветер, то есть представляют из себя возобновляемые, распространенные и практически бесконечные ресурсы. Их использование и потребление не ведет к исчерпанию ресурсов. Кроме того, это топливо является бесплатным [1], таким образом, вышесказанное определяет актуальность работы.

Цели работы: исследование следующих альтернативных источников энергии: солнечная энергетическая установка – СЭУ (рис. 1, а) и ветроэнергетическая установок – ВЭУ

(рис. 1, б, в), сравнение установок различного типа; анализ метеорологических карт России для определения наиболее подходящих районов для работы вышеупомянутых источников энергии [2]; объединение альтернативных и традиционных источников энергии в гибридную мобильную генерирующую установку.

а) б) в)

Рис. 1. Внешний вид энергетических установок

Ход исследования. Был произведен анализ элементов, содержащихся в солнечной энергетической установке: монокристаллическая солнечная батарея 200 Вт, аккумуляторная батарея 200 А ч, контроллер заряда, источник бесперебойного питания [3].

На начальном этапе было необходимо сделать выбор типа солнечной панели: монокристаллическая, поликристаллическая или солнечная панель из аморфного кремния. Характеристики вышеупомянутых элементов содержатся в сравнительной таблице табл. 1 [4].

Таблица 1. Сравнение различных типов солнечных панелей

Тип	Преимущества	Недостатки
Монокристаллические кремниевые панели	• Высокий КПД 17–25% • Малая площадь размещения из расчета на единицу мощности • Достаточная эффективность генерации	• Высокая стоимость • Чувствительность к загрязнению
Поликристаллические кремниевые панели	• Высокая эффективность в условиях рассеянного света • Меньшая стоимость по сравнению с поликристаллическими	• Пониженный КПД 12–15% • Большая площадь размещения из расчета на единицу мощности
Солнечные панели из аморфного кремния	•Возможность изготовления гибких панелей •Установка на любые формы •Простота и надежность конструкции	•Большая площадь размещения из расчета на единицу мощности •Пониженный КПД до 12%

Главными критериями при выборе типа солнечных панелей являлись высокий КПД и малая площадь размещения, поэтому были выбраны монокристаллические солнечные панели мощностью 200 Вт в количестве шести штук. На рис. 2 представлен график суточной выработки электроэнергии на солнечной ферме (на широте Ленинградской области), содержащей вышеуказанные элементы.

Имело место сравнение вертикальных и горизонтальных ветровых энергетических установок, которые различаются конструкционно. Ветровые турбины с горизонтальным ротором издают больше шума, однако имеют меньшие размеры при аналогичной с вертикальной турбиной мощностью. Сравнение двух разных по конструкции турбин с одинаковой номинальность мощность в 1 кВт показано в табл. 2 [5].

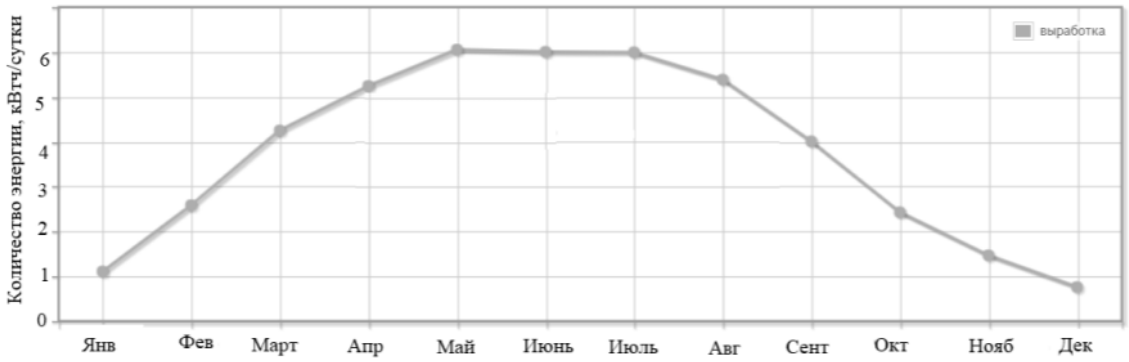


Рис. 2. График выработки энергии солнечной энергетической установкой

Таблица 2. Сравнение горизонтальной и вертикальной ВЭУ

Тип	Наименование	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном\ вых}$, В	$v_{старт}$, м/с	$v_{ном}$, м/с	$h_{мачты}$, м	$d_{лопаст}$, м	$h_{лопаст}$, м
Горизонт.	HY-1000L	1	48	2	12	5	1,96	-
Вертикал.	SAV 1 kW	1	24	2	7	4	2,6	2

В результате сравнения была выбрана горизонтальная ветровая энергетическая установка, так как она имеет меньшие габариты ветротурбины, остальные параметры отличаются незначительно.

Для ветровых энергетических установок влияние на выработку энергии оказывает окружающий ландшафт (табл. 3). Так, при размещении ВЭУ в лесу выработка будет минимальной и составлять до 2 кВтч в сутки, а при размещении этой же установки в полях выработка возрастет более чем в два раза.

Таблица 3. Суточная выработка ветрогенератора HY-1000L

Ландшафт	Лес	Кусты	Поля	Ровный снег
Количество энергии, кВтч/сутки	1,5–2,0	1,8–2,3	2,3–2,6	2,7–3,0

В ходе исследования анализу также были подвержены метеорологические карты России (рис. 3), ввиду особенностей топливных ресурсов для альтернативных источников энергии: распределение скорости ветра и солнечных дней в году не является равномерным по территории России. На рис. 3, а – среднегодовая скорость ветра: светлые участки – менее 3 м/с, участки темнее – 3–5 м/с, самые темные участки – более 5 м/с. На рис. 3, б – продолжительность светового дня: светлые участки – менее 1700 часов в год, участки темнее – от 1700 до 2000 часов в год, самые темные участки – более 2000 часов в год.

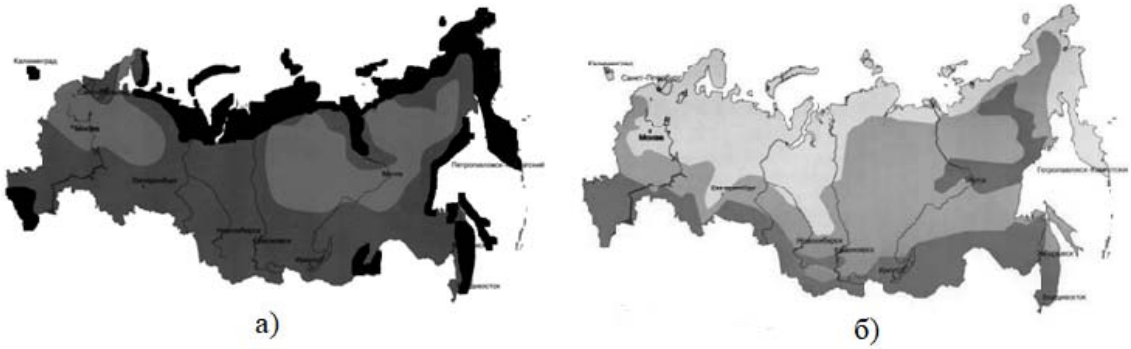


Рис. 3. Метеорологические карты России (а – среднегодовая скорость ветра, б – продолжительность светового дня)

После анализа метеорологических карт был сделан следующий вывод: применение ветровых энергетических установок наиболее рационально в северных широтах и на Дальнем Востоке Российской Федерации, в то время как юг России является наиболее подходящим районом для размещения солнечной энергетической установки. Стоит отметить, что размещение ВЭУ и СЭУ в других регионах также возможно.

После объединения ветровой и солнечной энергетических установок, с указанными ранее параметрами, был получен график суточной выработки электроэнергии на широте Ленинградской области (рис. 4). Пик выработки происходит в весенне-летний период и составляет от 7 до 8 кВтч в сутки. Расчет выработки был произведен для 6 монокристаллических панелей мощностью 200 Вт и ветрогенератора мощностью 1 кВт с высотой мачты 5 метров. В зависимости от местоположения установки период пиковой выработки и среднее значение выработки будут различаться, для характеристики введем параметр:

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i}{12},$$

где $P_{ср}$ – среднегодовая выработка, P_i – средняя выработка каждого месяца с января по декабрь, в табл. 4 приведена характеристика некоторых регионов по этому параметру.

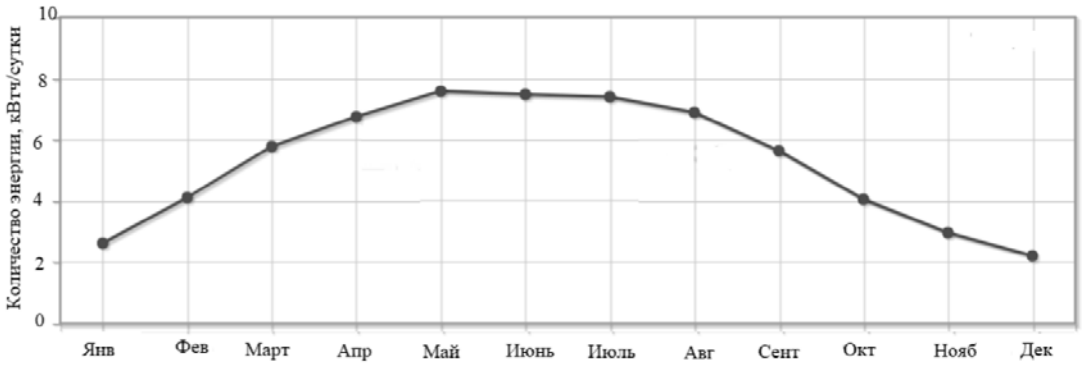


Рис. 4. График выработки системы СЭУ+ВЭУ

Таблица 4. Выработка электроэнергии в различных регионах

Регион	Санкт-Петербург	Мурманск	Екатеринбург	Иркутск	Тикси	Петропавловск-Камчатский
$P_{ср}$, Квтч/сутки	5,5	8,3	5,9	6,8	6,7	8,4

Таблица 5. Характеристики передвижной дизельной электростанции

Средняя выходная мощность, кВт	Расход топлива, л/час	$U_{вых}$, В	Топливный бак, л	Габариты, м	Масса, кг
50	10 л/час	220	140	2,0x1,0x1,5	1045

Результаты. Предлагается разработать гибридную мобильную генерирующую энергетическую установку на базе передвижной дизельной электростанции, имеющей типовые характеристики, представленные в таблице ниже (табл. 5).

Модернизация данного агрегата будем заключаться в увеличении внешнего корпуса. В новом объеме будут расположены необходимые электротехнические компоненты, такие как: 8 аккумуляторов, емкость каждого составляет 200 А ч; контроллер заряда аккумуляторов, источник бесперебойного питания для преобразования запасенной электроэнергии. На корпусе будет установлено крепление для мачты ВЭУ. Предполагается телескопическая мачта, высотой до 10 метров, в сложенном состоянии такая мачта будет иметь длину не более

2 метров. Также на корпусе будут размещены солнечные панели, оснащенные механизмом постановки оптимального угла панели по отношению к солнечным лучам. Время развертывания такой установки будет составлять 2 человеко-часа. На рис. 5 представлена функциональная схема гибридной генерирующей установки.

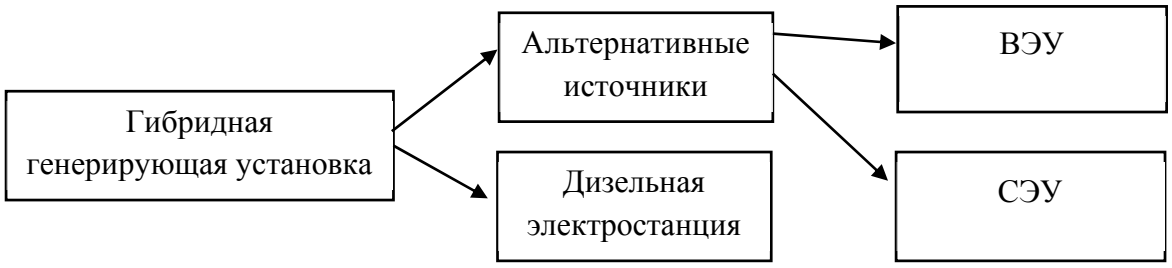


Рис. 5. Функциональная схема гибридной генерирующей установки.

Таким образом, гибридная установка будет представлять из себя единую установку, состоящую их дизельной электростанции и альтернативных источников в едином агрегате. В случае выхода из строя основного генератора (дизельной электростанции) или отсутствия необходимого для него топлива энергия, запасенная при помощи альтернативных источников, будет выдаваться электроприемнику.

Электроэнергия, выработанная на альтернативных источниках, способна снабжать электричеством аппаратные полевых узлов связи в течение нескольких часов, а переносные станции спутниковой и радиосвязи в течение нескольких суток [6].

Гибридную установку предлагается применять для электроснабжения узлов радиорелейной связи, применять во время создания временных баз, использовать во время учения, применять для электроснабжения полевых госпиталей, баз хранения, ремонтных баз и тыловых объектов.

Выводы. Предложенная гибридная мобильная генерирующая установка помимо автономной мощности, вырабатываемой дизельным генератором, будет иметь резервную мощность, вырабатываемую альтернативными источниками энергии и хранящуюся в установленных аккумуляторных батареях. Во время выхода из строя основного генератора резервная мощность может питать средства связи и другие электроприемники в течение нескольких часов до восстановления работы основного генератора.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Я.В. Киселева. Энергоресурсы: альтернативные источники и энергосберегающие технологии, 2012 г.

2. Информационно-аналитический Интернет портал о технологиях // [Электронный ресурс] // URL: www.ecoteco.ru (дата обращения: 30.09.2018).

3. Helios House. Проектирование, установка и сервисное обслуживание систем автономного альтернативного энергоснабжения // [Электронный ресурс] // URL: www.helios-house.ru (дата обращения: 30.09.2018).

4. Совет инженера – интернет-энциклопедия по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения // [Электронный ресурс] // URL: www. www.sovet-ingenera.com (дата обращения: 30.09.2018).

5. Энергия ветра 220 // [Электронный ресурс] // URL: www.vetrogenerator.ru (дата обращения: 30.09.2018).

6. Военная радиосвязь // [Электронный ресурс] // URL: www.military.trcvr.ru (дата обращения: 30.09.2018).

ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ТУРИЗМА

УДК 796.01

Р.А. Агаев, В.П. Сущенко, В.А. Щеголев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКОМ МЕХАНИЗМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ СТУДЕНТОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ НОРМ И ТРЕБОВАНИЙ ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА (ГТО)

Актуальность. В отечественной и зарубежной педагогической литературе методы управления теми или иными социальными объектами в большинстве случаев рассматриваются в качестве способов и приемов взаимообусловленной деятельности субъекта и объекта управления, обеспечивающие выполнение поставленных задач.

Анализ организационно-педагогических основ управления подготовкой студентов к выполнению норм и требований физкультурно-спортивного комплекса (ГТО) важен не только в связи с тем, что позволяет повысить эффективность физического воспитания в вузах, но еще и потому, что его результаты выполняют существенную методологическую функцию в ходе познания закономерностей этого процесса.

Ограниченность научно-теоретических знаний, раскрывающих общую характеристику методов, используемых в организационно-педагогическом механизме управления подготовкой студентов к выполнению норм и требований физкультурно-спортивного комплекса (ГТО) потребовала проведения целенаправленных исследований по решению этой проблемы.

В данной статье приоритет в выборе тех или иных методов управленческого воздействия обусловливается целевой необходимостью процесса развития физкультурно-спортивной работы в условиях образовательных организациях высшего образования.

В настоящее время в Институте физической культуры, спорта и туризма Политехнического университета Петра Великого такого рода исследования осуществляются в рамках комплексной НИР (научный руководитель доктор педагогических наук, профессор Сущенко В.П., ответственный исполнитель профессор Щеголев В.А.).

Для успешного научного обоснования и реализации разработанного нами механизма управления подготовкой студентов к выполнению норм и требований Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО и внедрения его в практику физического воспитания студентов в вузах важно было, прежде всего, оценить эффективность используемых методов управления развитием спортивной работы, определить их организационные формы, а также содержательную направленность.

Как отмечают Г.Н. Блахин, С.С. Драчев [1, 2], в эффективном методе управления, как правило, могут сочетаться и взаимодействовать содержание, направленность и организационные формы.

В данной связи следует выделить следующие методы управления развитием подготовкой студентов к выполнению норм и требований физкультурно-спортивного комплекса (ГТО) в вузе:

- методы организационно-административного воздействия, используемые в соответствии с указаниями директивного характера;
- методы социально-психологического воздействия, направленные на развитие спортивной работы;

- методы самоуправления, используемые с целью саморегулирования развития спортивной работы в вузе;

Как показывают результаты исследований, в составе методов организационно-административного воздействия можно выделить две подгруппы: основную и комплексную.

Комплексными методами организационно-педагогического механизма управления развитием спортивной работы является целенаправленная совокупность основных методов, обеспечивающая решение стоящих задач.

Методы социально-психологического воздействия, направленные на развитие спортивной работы, обращены, прежде всего, в сторону решения психолого-воспитательных задач. Данные методы, при целенаправленном их применении, могут стать приоритетными и задавать ведущее направление другим методам управленческого характера.

С помощью методов социально-психологического воздействия осуществляется социальное нормирование, социальное регулирование и моральное стимулирование студентов-спортсменов [2–5].

Исследование литературных источников [4–9] убеждает нас в том, что для повышения эффективности организационно-педагогического механизма управления развитием спортивной работы в вузе, и в первую очередь при организации тренировочного процесса по ГТО, все многообразие используемых методов социально-психологического воздействия целесообразно объединить в три группы.

Содержание первой группы составляют методы мотивации, отличительной особенностью которых является прямое воздействие на личность студента-спортсмена. В эту группу входят методы и методические приемы: внушения, заражения, убеждения и агитации.

В следующую группу входят методы и методические приемы, базирующиеся на властной и принудительной мотивации. Как правило, данные методы организационно-педагогического механизма управления развитием студенческого спорта активно используются авторитарными тренерами и другими субъектами управления.

Третья группа преимущественно состоит из методов, направленных на создание ситуаций, побуждающих субъектов управления в ходе выполнения физкультурно-спортивных задач, поступать наиболее оптимальным образом. При этом важным аспектом стимулировании является то, что в данном случае спортсмен самостоятельно определяет наиболее оптимальное решение, которое соответствует поставленным задачам.

Для выяснения, как часто субъекты управления применяют перечисленные методы в своей физкультурно-спортивной практике, был проведено специальное исследование, в котором приняло участие 84 специалиста физкультурно-спортивного профиля. Полученные данные свидетельствуют о том, что в своей спортивной практике 28,6 % специалистов, предпочитают использовать методы властной мотивации. 30,4% опрошенных предпочитают методы, на основе которых можно активизировать спортсменов путем самостоятельного выбора. 18,2% участников опроса используют методы из всех трех групп. 22,8% опрошенных, в своей практической спортивно-педагогической работе применяют методы: внушения, убеждения, заражения, а также личный пример.

Предварительные результаты проводимой работы позволили установить, что наряду с прогрессивными существуют негативные тенденции, характеризующие современный уровень физической подготовленности студентов, а также состояния здоровья определенной части студенческой молодежи, скептическое отношение многих студентов к принципам здорового образа жизни, недооценка ими возможностей тренировочного процесса по ГТО для полноценного и активного отношения к своему профессиональному становлению.

Полученные данные убеждают также, что профилактика вредных привычек и преступности в студенческой среде требуют эффективных методов по управлению процессом физкультурного образования в вузах путем усиления его воспитательной функции и гуманитарной направленности.

Такие методы управления физическим воспитанием студентов должны быть направлены на формирование: личной ответственностью преподавательского состава за результаты воспитательного воздействия; социальной защищенностью студенческой молодежи; развитием современной инфраструктуры физической культуры и спорта в вузах и ее эффективным использованием в целях всестороннего физического развития студентов, подготовки их к выполнению норм и требований Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО, формированием в студенческой среде чувства национального патриотизма, социальной и профессиональной активности, популяризации здорового образа жизни.

Заключение. Установленные данные, подтвержденные результатами анализа литературных источников [4–11], раскрывают общую характеристику методов, используемых в практике управления физкультурно-спортивной работой в вузе. Вместе с тем, распределение участников опроса по различным видам управления показывает наличие ряда особенностей в использовании тех или иных методов управления.

Как правило, руководящий состав в условиях образовательных организаций высшего образования основной акцент в своей управленческой деятельности делает на применение методов властной мотивации (65,4%), а тренеры и преподаватели физической культуры преимущественно опираются на использование методов создания ситуации для личного выбора спортсменов (34,6%).

Полученные данные подтверждают имеющееся мнение о том, что в практике организационно-педагогического механизма управления работой по ГТО в вузах пока еще преобладают методы административно-командного воздействия на объекты физкультурной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Блахин, Г.Н. Управление учебно-тренировочным процессом в спортивном коллективе / Г.Н. Блахин. – СПб.: ВИФК, 1998. – С. 14–16.

2. Драчев, С.С. Педагогическая система профессионального совершенствования субъектов управления общественными физкультурно-спортивными объединениями и организациями: Автореф. дис. … докт. пед. наук. – СПб., 2002. – 44 с.

3. Карпов, В.Ю. Физическая культура и спорт как факторы социализации студенческой молодежи / В.Ю. Карпов, Ю.Н. Щедрин, В.А. Щеголев // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2004. – № 12. – С. 215-218.

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. Пискун, О.Е. Методы мотивации и стимулирования студентов к выполнению норм и требований комплекса ГТО / О.Е. Пискун, В.А. Щеголев, В.П. Сущенко, А.О. Миронов // В сборнике: Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 59–66.

6. Сущенко, В.П. Организационно-теоретические принципы и методы подготовки студентов к выполнению норм и требований физкультурно-спортивного комплекса (ГТО) / В.П. Сущенко, В.А. Щеголев, А.Ю. Липовка // В сборнике: Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 66–71.

7. Сущенко, В.П. Особенности подготовки студентов к выполнению норм и требований всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО. / В.П. Сущенко, А.П. Смирнов, Р.А. Агаев // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 88–90.

8. Щеголев, В.А. Педагогические принципы и методы управления подготовкой студентов к выполнению норм и требований Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО в образовательном процессе вуза / В.А. Щеголев, А.В. Коршунов, А.О. Миронов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения академика В.Л. Марищука, 21–22 сентября 2016 г., Санкт-Петербург, Россия. – С. 168–172.

9. Щеголев, В.А. К вопросу о реализации правил здорового образа жизни в процессе выполнения студентами норм и требований физкультурно-спортивного комплекса ГТО / В.А. Щеголев, В.П. Сущенко, Ш.А. Керимов // В сборнике: Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2017. – С. 72–76.

10.Щеголев, В.А. Отношение студенческой молодежи к подготовке и выполнению норм и требований физкультурно-спортивного комплекса ГТО / В.А. Щеголев, В.П. Сущенко, О.Е. Пискун // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 3. – С. 57–59.

11.Щёголев, В.А. Ориентация студентов на здоровый образ жизни с использованием средств Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО: учеб. пособие / В.А. Щёголев, В.П. Сущенко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 172 с.

ГУМАНИТАРНЫЙ ИНСТИТУТ

УДК 372.881.111.1

Н. А. Леушина
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УРОВНЯ МЕТАКОГНИТИВНОЙ ОСВЕДОМЛЁННОСТИ СТУДЕНТОВ О СТРАТЕГИЯХ ИНОЯЗЫЧНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЧТЕНИЯ

Актуальность исследования, краткий обзор по ее тематике. Несмотря на многочисленные исследования и опыт, проблема обучения иноязычному чтению в высшей школе остаётся одной из наиболее важных в связи с огромным количеством информации, представленной, в основном, в письменном виде. Одним из самых перспективных направлений в педагогике можно считать применение некоторых положений психологии, связанных с процессом получения и обработки информации, в сфере обучения иностранным языкам. Исследования российских и зарубежных учёных подтверждают наличие связи между успешностью студентов и развитием их метакогнитивных процессов. Так, например, в исследованиях А. А. Карпова показано существование прямой зависимости между уровнем обучаемости и индивидуальной мерой сформированности метакогнитивных процессов и свойств личности [1]. Впервые метакогнитивные процессы были выделены Дж. Флейвеллом, который определил их как индивидуальное знание, касающееся собственных когнитивных процессов и результатов познавательной деятельности [2]. Метакогнитивность предполагает более высокий уровень познания, включающий способность к самоанализу и самоконтролю познания и восприятия информации. При обучении иноязычному профессионально-ориентированному чтению необходимо, прежде всего, определить знания студентов о стратегиях чтения и их использование, т.е. уровень метакогнитивной осведомлённости о стратегиях чтения. Метакогнитивная осведомлённость – это особая форма ментального опыта, характеризующая уровень и тип интроспективных представлений человека о своих индивидуальных интеллектуальных ресурсах [3]. Для оценки уровня метакогнитивной осведомлённости о стратегиях чтения могут быть использованы специально разработанные опросники. Нам не удалось найти примеров опросников, предназначенных для оценки метакогнитивной осведомлённости о стратегиях чтения, разработанных на русском языке. Среди зарубежных работ следует назвать следующие опросники:

- Index of Reading Awareness (Jacob & Paris, 1984);
- Metacomprehension Strategy Index (Schmitt, 1990);
- Metacognitive Reading Awareness Inventory (Miholic, 1994);
- Reading Strategy Use (Pereira-Laird & Deane, 1997);
- Metacognitive Awareness of Reading Strategies Inventory (Mokhtari & Reichard, 2002) [4];
- Cuestionario de Metacomprensión Lectora / Reading Metacomprehension Inventory (Peronard, Crespo, Velásquez, &Viramonte, 2002);
- Escala de Conciencia Lectora / Reading Awareness Scale (Jiménez, Puente, Alvarado & Arrebillaga, 2009) [5];
- Metacognitive Awareness of Reading Strategies Inventory-CN (Wu, Valcke & van Keer, 2012) [6];
- Metacomprehension Inventory (Soto, Gutierrez de Blume, Asún, Jacovina & Vásquez, 2018) [5].

Цели, задачи и методы исследования. Данное исследование направлено на разработку русскоязычного опросника для диагностики метакогнитивной осведомлённости студентов о стратегиях иноязычного профессионально-ориентированного чтения. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: изучить теоретические основы применения метакогнитивного подхода в обучении иноязычному профессионально-ориентированному чтению, изучить опыт создания опросников для диагностики уровня метакогнитивной осведомлённости о стратегиях чтения и разработать опросник для русскоговорящих студентов для определения их знания стратегий иноязычного профессионально-ориентированного чтения. Решение этих задач потребовало перевода и использования теоретического метода изучения и анализа литературы по теме.

Результаты исследования. Предложенный нами опросник для студентов нелингвистических специальностей разработан с использованием одного из наиболее известных и широко применяемых опросников – Metacognitive Awaraness of Reading Strategies Inventory (MARSI) с некоторыми изменениями и дополнениями (выделены жирным шрифтом), касающимися специфики иноязычного профессионально-ориентированного чтения в вузе. Опросник MARSI предназначен для оценки метакогнитивной осведомлённости о стратегиях чтения научной и учебной литературы и состоит из 30 пунктов, разделённых на три категории:

1. Глобальные стратегии чтения (Global Reading Strategies, 13 пунктов), ориентированные на общий анализ текста.
2. Стратегии преодоления трудностей (Problem Solving Strategies, 8 пунктов), направленные на решение проблем, возникающих при усложнении текста.
3. Вспомогательные стратегии чтения (Support Reading Strategies, 9 пунктов), связанные с использованием вспомогательных материалов, ведением записей и проч. [4].

При разработке данного опросника, во-первых, нами было принято указанное выше деление на категории, т.к. оно применимо для работы с научными и учебными текстами в многопрофильном вузе. Использование указанных трёх типов стратегий проявляется в процессе автономной работы студентов с иноязычными профессионально-ориентированными текстами. Кроме того, необходимо отметить, что к приемам самостоятельного освоения иноязычного текста во время чтения относятся «упражнения для себя», которые строятся, как правило, на материале языковых единиц (слов, словосочетаний, фраз), минимального контекста (предложений), связного смыслового куска текста [7].

Во-вторых, пункты опросника были переведены на русский язык в связи с тем, что не все формулировки на английском языке понятны студентам первого и второго курсов нелингвистических специальностей и могут, таким образом, исказить ответы участников опроса.

В-третьих, изменения и дополнения в данном опроснике связаны с учётом особенностей иноязычного профессионально-ориентированного чтения и характерных особенностей текстов научно-технического стиля. К этим особенностям относятся: информативность (содержательность), логичность (строгая последовательность, четкая связь между основной идеей и деталями), точность и объективность, традиционность и унификация языковых средств, проявляющаяся в унификации терминологии, употреблении общенаучной лексики, фразеологии и служебных слов, в особенностях синтаксического построения и выборе синтаксических средств [8]. Как отмечает С.К. Фоломкина, при решении вопроса о том, каким видам чтения необходимо научить студентов неязыкового вуза в первую очередь, следует исходить из практических потребностей, тех коммуникативных и познавательных задач, которые придётся решать специалистам в ходе профессиональной деятельности. По мнению автора, для реализации профессиональных

целей требуются следующие виды чтения (по степени важности): ознакомительное, поисковое, просмотровое, изучающее [9].

Результат разработки опросника представлен в табл. 1. Предложенный нами опросник предваряется следующей инструкцией:

Ниже представлены утверждения о действиях во время чтения научной или учебной литературы. Утверждения сопровождаются цифрами от одного до пяти, цифры обозначают следующее: 1 означает “Я никогда или почти никогда так не делаю”; 2 – “Я только время от времени так делаю”; 3 – “Я иногда так делаю” (примерно 50% времени); 4 – “Я обычно так делаю”; 5 – “Я всегда или почти всегда так делаю”. Прочитайте каждое утверждение и обведите число (1, 2, 3, 4, 5) в соответствии с Вашими действиями в процессе чтения. Пожалуйста, помните, что в данном опроснике нет правильных или неправильных вариантов ответа.

Таблица 1. Опросник для выявления уровня метакогнитивной осведомлённости о стратегиях иноязычного профессионально-ориентированного чтения

Тип	**Стратегия**	
GLOB	1.	Перед чтением я ставлю цель и держу её в уме во время чтения.
SUP	2.	Во время чтения я делаю записи, которые могут помочь мне понять прочитанное.
GLOB	3.	Я думаю о том, что мне известно и может помочь понять текст во время его чтения.
GLOB	4.	Я предварительно просматриваю содержание текста перед чтением.
SUP	5.	Когда текст становится сложнее и/или встречаются трудные и незнакомые слова (термины), я читаю вслух, чтобы лучше понять прочитанное.
SUP	6.	Я резюмирую прочитанное, чтобы поразмышлять о важной информации в тексте.
GLOB	7.	Я думаю о том, соответствует ли содержание текста цели моего чтения.
PROB	8.	Я читаю медленно и внимательно, чтобы убедиться в правильном понимании текста во время чтения.
SUP	9.	Я обсуждаю прочитанное с другими, чтобы проверить, правильно ли я понимаю текст.
GLOB	10.	Сначала я просматриваю текст, отмечая его длину, структуру и принадлежность к тому или иному типу (научная статья, инструкция, деловое письмо, договор, техническая документация и др.)
PROB	11.	Я стараюсь вернуться к содержанию текста, когда теряю концентрацию во время чтения.
SUP	12.	Я подчеркиваю и обвожу информацию в тексте, чтобы лучше её запомнить.
PROB	13.	Я регулирую скорость моего чтения в соответствии с тем, что я читаю.
GLOB	14.	Перед началом чтения я определяю для себя вид чтения и решаю, что мне следует читать внимательно, а что пропустить.
SUP	15.	Я использую справочные материалы, такие как словари, грамматические справочники, специализированные справочники и каталоги по своей специальности, чтобы лучше понять текст во время чтения.
PROB	16.	Когда текст становится сложнее, я обращаю больше внимания на то, что читаю.
GLOB	17.	Я использую таблицы, числа и картинки, чертежи, чтобы понять текст лучше.
PROB	18.	Я делаю остановки во время чтения, чтобы подумать о прочитанном и связать со своей специальностью.
GLOB	19.	Я использую контекст, чтобы лучше понять текст во время чтения.
SUP	20.	Я перевожу и/или перефразирую (пересказываю своими словами) текст, чтобы лучше понять его во время чтения.
PROB	21.	Я стараюсь представить или мысленно увидеть информацию, вспомнить информацию, полученную из других дисциплин, чтобы лучше запомнить то, что читаю.
GLOB	22.	Я выделяю ключевую информацию жирным шрифтом или курсивом.

GLOB	23.	Я критически оцениваю информацию в тексте.
SUP	24.	Я забегаю вперёд и возвращаюсь назад в тексте, чтобы найти в нём связь между идеями.
GLOB	25.	Я проверяю, правильно ли я понимаю текст, когда сталкиваюсь с противоречивой информацией.
GLOB	26.	Я строю догадки о содержании материала во время чтения.
PROB	27.	Когда текст становится сложнее, я перечитываю его, чтобы лучше понять.
SUP	28.	Я задаю себе вопросы, ответы на которые хочу найти в тексте.
GLOB	29.	Я проверяю, правильны ли мои предположения о тексте или нет.
PROB	30.	Я стараюсь угадать значение незнакомых фраз и выражений, в том числе, опираясь на лексическое значение суффиксов, префиксов и заимствования из латинского языка.

Выводы. Создание опросника для определения уровня метакогнитивной осведомлённости русскоязычных студентов о стратегиях иноязычного профессионально-ориентированного чтения – важный этап в оценке развития метакогнитивных процессов и качеств личности студентов вузов и разработке методики формирования метакогнитивной компетенции при обучении иноязычному чтению. По нашему мнению, вслед за метакогнитивной осведомлённостью в будущем необходимо рассмотреть другие компоненты метакогнитивной компетенции (метакогнитивный опыт, метакогнитивные цели и метакогнитивные стратегии) в обучении иностранным языкам. Обращение к метакогнитивной компетенции студентов может дать положительные результаты в обучении иноязычному чтению в вузе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карпов А. В. Взаимосвязи обучаемости и метакогнитивных качеств личности // Ярославский пед. вестник. 2012. Т. 2. № 3. С. 228–235.

2. Лазарева О.В. К вопросу о влиянии метакогнитивных процессов на понимание научного текста // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. 2012. № 18. С. 13–17.

3. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. – М.: Барс; Томск: Изд-во Томского ун-та, 1997. – 391 с.

4. Assessing students' metacognitive awareness of reading strategies / K. Mokhtari, C. A. Reichard // J. of Educational Psychology. – 2002. – Vol. 94, No. 2. P. 249–259.

5. Validation of a Chinese version of Metacognitive awareness of reading strategies inventory / L. Wu [et al.] // Eurasian J. of Ed. Research. – 2012. – No. 48. P. 117–134.

6. A deeper understanding of metacomprehension in reading: development of a new multidimensional tool / Ch. Soto [et al.] // Frontline Learning Research. – 2018. – No. 1. – P. 31–53.

7. Алмазова Н.И., Рубцова А.В. Процессуально-деятельностные параметры технологии модульного обучения продуктивному филологическому чтению на иностранном языке // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гум. и общ. науки. 2011. № 4. С. 80–84.

8. Гредина И.В. Перевод в научно-технической деятельности. – Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2010. – 119 с.

9. Фоломкина С.К. Обучение чтению на иностранном языке в неязыковом вузе: учебн.-метод. пособие для вузов. – М.: Высш. Шк., 1987. – 207 с.

УДК 811.134.2

А.М. Щапова
Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена

ОСОБЕННОСТИ ИСПАНСКИХ ПРЕЦЕДЕНТНЫХ АНТРОПОНИМОВ НА ПРИМЕРЕ ПОЛНЫХ И ДИМИНУТИВНЫХ ФОРМ МУЖСКИХ ИМЕН

В современном языкознании отмечается высокий интерес к изучению имен собственных, в частности имен людей – антропонимов, поскольку антропоним – это имя существительное, не только подчиняющееся языковой системе и лингвистическим законам, но и тесно связанное с культурологическими и этнографическими исследованиями [1].

Одним из малоизученных аспектов испанской антропонимики является функционирование в языке таких групп имен собственных, как прецедентные антропонимы. Поэтому перед нами стоит задача показать на примере испанских мужских прецедентных антропонимов, какие группы прецедентных имен можно выделить в испанском языке, а также, используя метод контекстуального анализа, рассмотреть, как имена известных людей и персонажей через язык интерпретируются в культуре.

В лингвистический обиход термин «прецедентный» ввел Ю.Н. Караулов, определяя прецедентный текст как значимый для той или иной личности в познавательном и эмоциональном отношениях, хорошо известный широкому окружению данной личности, включая ее предшественников и современников, и, наконец, такой, обращение к которому возобновляется неоднократно в дискурсе данной языковой личности [2]. Таким образом, основываясь на определении Ю.Н. Караулова, можно сказать, что прецедентное имя – это имя человека, широко известного в данном языковом обществе.

Ю.А. Рылов относит к прецедентным испанским антропонимам следующие группы имен: имена античных и библейских персонажей, христианских святых, литературных героев, исторических личностей, политиков, актеров, представителей культуры и спорта [3].

Рассмотрим несколько групп мужских испанских прецедентных антропонимов.

Испанская антропонимическая система, как и любая другая христианская антропонимическая система, во многом пополнялась путем заимствований имен из Библии. Поэтому неудивительно, что в испанском языке существует множество фразеологических единиц, содержащих в себе библейский антропонимический компонент.

Центральный образ христианской культуры – Иисус Христос (Cristo, Jesús, Jesucristo). В испанском языке существует большое количество междометных фразеологических выражений с данным прецедентным именем, которые могут выражать широкий спектр эмоций: от удивления и радости до жалобы или испуга: ¡Por los clavos de Cristo! (Ради Бога!), ¡Jesús!, ¡Jesucristo!, ¡Jesús, María y José! (Боже / Боже мой!). Особенностью испанских прецедентных антропонимов является их употребление в языке как в составе устойчивых выражений и фразеологизмов, так и самостоятельно. Например, междометие ¡Jesús! является аналогом русского выражения – Будьте здоровы! Данная традиция восходит к XIV веку, когда в Европе свирепствовала чума, и, желая здоровья собеседнику, человек обращался к всевышнему [3].

Кроме этого, также существуют выразительные фразеологизмы с антропонимом Cristo: como a un Cristo dos pistolas (дословно: «как Христу два пистолета») – не подходить, не сочетаться; como Cristo con los mercaderes (дословно: «как Христос с торговцами») – непримиримо [3].

Особое положение среди святых в Испании занимает покровитель страны Santiago (Сантьяго, в русской традиции – Святой Яков). Существует большое количество выражений с данным антропонимом [3]. Например, июль называют месяцем Сантьяго – elms de Santiago, так как 25 июля в Испании ежегодно проходят празднования в честь этого святого [4]. Кроме

этого, Сантьяго был покровителем испанцев во время их битвы против мавров, что послужило рождению фразеологизма como Santia go conlos moros (дословно: «как Сантьяго с маврами»), имеющего в русском языке аналог «как кошка с собакой», т.е. «враждовать», «ссориться» [4].

Еще одна особенность испанских прецедентных имен – способность переходить из разряда имен собственных в разряд нарицательных. Так, например, произошло с именами литературных персонажей Дон Кихота и Санчо Пансы.

В испанской традиции имя Дон Кихот, перешедшее в нарицательную лексику – кихоте (quijote), имеет деспективный характер и обозначает: тяжелый, мрачный, лишенный здравого смысла [3]. Стоит отметить, что при переходе в разряд апеллятивной лексики имя собственное начинает употребляться вместе с неопределенным артиклем, что также придает дополнительный смысл выражению – «настоящий, истинный». Например, выражение: se porta como un Quijote (дословно: «ведет себя как настоящий Дон Кихот») для испанца будет иметь смысл: «ведет себя необдуманно, как дурак» [3]. Выражение приобретает дополнительный смысл, связанный с характером литературного персонажа: человек, который борется с чем-то, заведомо зная, что проиграет схватку, подобно борьбе рыцаря из Ла-Манчи с ветреными мельницами. Носитель русского языка, акцентируя внимание на том, что Дон Кихот был рыцарем, скорее всего, увидит в данном выражении другое значение: ведет себя благородно или бескорыстно. Следует добавить, что есть целый ряд производных существительных от данного имени: quijotería, quijotismoquijotesco: донкихотство, донкихотский [3].

В отличие от Дон Кихота, его оруженосец Санчо Панса, олицетворение народной мудрости, встречается в испанской фразеологии чаще, например, como Sancho Panza (дословно: «как Санчо Панса») – то есть, как практичный человек; encontró Sancho con su rocín (дословно: «встретил Санчо свою клячу») – два сапога пара [3].

Одним из примеров прецедентных имен также служат имена известных персонажей испанского фольклора и мифологии. Например, Yaviene Martinico (дословно: «уже идет Мартинико»). Добрый домовой Мартинико – это персонаж испанской мифологии, преимущественно распространен в Андалусии и Кастилии, а в Арагоне он отвечает за сновидения, поэтому, когда дети хотят спать, родители обычно говорят им: «Уже идет Мартинико» [5].

Безусловно, прецедентным именем в испанском языке часто становится имя человека, сыгравшего значительную роль в истории Испании. Поговорка más célebre que Barceló por la mar (дословно: «более знаменитый, чем Барсело в море») означает «быть смелее или известнее, чем контр-адмирал Антонио Барсело». Антонио Барсело – знаменитый испанский корсар XVIII века, сражавшийся с арабскими пиратами и англичанами на Средиземном море, изобретатель канонерок. Его военные подвиги принесли ему легендарную славу [5].

В русской традиции популярным является прецедентное имя – Иван-дурак. В испанском языке есть аналог данного выражения. По одной из версий фразеологический оборот отсылает к истории испано-американской войны конца XIX века, когда капитан испанского фрегата Абундио Мартинес де Сория отказался отступить, оказавшись один перед вражескими кораблями, и в результате чего погиб. Его поступок был воспринят на родине негативно, так появилось выражение – más tonto que Abundio (дословно: «глупее, чем Абундио), обозначающее глупый, лишенный смысла поступок [6].

В XX веке к власти в Испании пришел генерал Франко, придерживавшийся политики диктатуры, и этот период истории Испании получил название franquismo – франкизм, по фамилии диктатора. Как и в случае с литературными онимами, имя собственное перешло в разряд апеллятивной лексики, образовав новое нарицательное существительное, имеющее отрицательную коннотацию [3].

Кроме прецедентных имен реальных личностей, в испанском языке существуют также идиомы, содержащие в себе имена героев легенд, т.е. людей, существование которых не может быть доказано или опровергнуто.

Одна из легенд гласит, что в начале XIX века в Севилье жил фермер по имени Амбросио (Ambrosio). Устав от нищеты, он, вооружившись карабином, отправился в горы, чтобы промышлять грабежом. Но так как люди, на которых он нападал, знали его как хорошего человека, они воспринимали все как шутку. Так сформировался образ доброго бандита, который вызывает не страх, а лишь смех, что поспособствовало появлению выражения: ser la carabina de Ambrosio (дословно: «быть карабином Амбросио»), означающего быть совершенно бесполезным [5].

Другая легенда рассказывает о башмачнике из Гранады по имени Picio (Писио), который был приговорен к смертной казни, но затем помилован. Из-за пережитого потрясения он потерял все волосы, его тело покрылось язвами. Так родилось выражение ser más feo que Picio (дословно: «быть страшнее, чем Писио), аналогичное русским выражениям «быть уродливым», «быть жутко страшным [6]. Интересно, что в испанском языке есть еще одно выражение с прецедентным антропонимом, синонимичное данному. Согласно одной из легенд, в середине XV века приговоренный к смерти дон Диего де Осорио накануне казни от охватившего его ужаса и страха полностью поседел. Так появилось выражение las canas de don Diego de Osorio (дословно: «седина дона Диего Осорио»), описывающее резкое ухудшение внешнего вида человека, вызванное, чаще всего, психологической травмой [7].

Говоря о мужском имени Diego (Диего), необходимо упомянуть, что данный антропоним, который в современном испанском языке часто употребляется как самостоятельное имя, этимологически является уменьшительной формой антропонима Santiago (Сантьяго). Дело в том, что имена людей традиционно имеют полные и краткие, или диминутивные, формы. В испанском языке большой выбор способов образования диминутивных антропонимов и, в целом, их использование очень частотно. Поэтому не вызывает удивления факт, что краткие формы испанских антропонимов также могут стать прецедентными именами. Например, уменьшительное имя Pepe (Пепе) от мужского антропонима José (Хосе) встречается в выражении como un Pepe (дословно: «как Пепе»), обозначающем правильность действия, т.е. так, как и должно быть [4]. В данном случае речь идет не о конкретном носителе данного имени, а о собирательном образе. Кроме этого, значение неопределенного артикля в такого рода выражениях может трактоваться, как значение обобщения – любой из ряда подобных. Пепе – олицетворение простого человека, который всегда делает все так, как и должен, честно и по правилам [7]. Следует подчеркнуть, что в испанском языке часто прецедентные диминутивные антропонимы называют некий обобщенный образ, т.е. типичного представителя данного языкового общества. Например, фразеологический оборот a Diego y a Juan (дословно: «Диего и Хуану»), где первый компонент представлен уменьшительной формой имени Santiago (Сантьяго), имеет в русском языке эквивалент «каждому встречному», а идиома ya vino el tío Paco con la rebaja (дословно: «вот пришел дядя Пако со скидкой») переводится как «знай меру» [4]. В русском языке в подобных случаях мы обычно вспоминаем такие имена, как Петя, Вася, Ваня, т.е. наиболее распространенные и, что важно, свойственные именно нашей традиции и культуре. То же самое мы наблюдаем в испанском языке: имена Santiago (Сантьяго) и его краткая форма Diego (Диего), José (Хосе) и соответствующий ему диминутив Pepe (Пепе), а также мужское имя Francisco (Франсиско) и его уменьшительный вариант Paco (Пако) распространены на территории всей Испании и являются именами, наиболее характерными для данной языковой среды.

Тем не менее, есть примеры употребления уменьшительных форм антропонимов, называющих конкретных людей и персонажей. В Латинской Америке распространено разговорное выражение presumir como un Pepe (дословно: «хвастаться как Пепе), которое

обозначает «щеголять», «задаваться». Скорее всего, происхождение данного оборота связано с известным чилийским комиксом “Condorito” («Маленький кондор»), который был популярен во множестве стран Латинской Америки. Главный герой комикса – маленький кондор, а его антагонистом выступает Pepe Cortisona (Пепе Кортисона) – мужчина, отличающийся высокомерностью и любовью хвастаться абсолютно всем, что имеет и не имеет [8]. Поэтому можно предположить, что в данном случае имя персонажа массовой культуры стало прецедентным, и так появился новый фразеологизм.

Происхождение еще одного испанского выражения, содержащего в себе диминутивное имя, трактуется романистами по-разному. Ponerse como el Quico (дословно: «стать как Кико») используется в речи вместо глаголов «переесть», «объесться». Существуют разные теории происхождения данного выражения. Безусловно, нельзя исключать версии, что когда-то жил человек, чье уменьшительное имя было Кико, и он прославился тем, что с ним случилась какая-то печальная история, связанная с большим застольем или праздником. Кроме этого, подобно именам Пепе и Пако, имя Кико является распространенным в испанской культуре мужским антропонимом и может использоваться в речевых оборотах для именования обобщенного образа. Однако есть мнение, что выражение ponerse como el Quico возникло благодаря игре слов, поэтому данное прецедентное имя на самом деле не относится ни к одному из живших когда-либо людей. В средние века ценным товаром, который составлял основу сельского хозяйства, а как следствие, и экономики была шерсть. Поэтому к пастухам регулярно приходили стригальщики скота, которых часто сопровождали их подмастерья. Пастухи приглашали на обед стригальщиков и их учеников, и молодые люди очень быстро съедали все угощения, буквально поглощая их. Подмастерье называли el chico del esquilador (дословно: «мальчик стригальщика»), выражение, к которому, скорее всего, восходит имя Кико (сочетание слогов каждого из существительных: qui + co) [7]. В данной ситуации мы наблюдаем интересный случай, когда не существует подтверждений того, что имя, являясь прецедентным, называет конкретного человека или даже собирательный образ.

Таким образом, мы можем сделать следующие выводы относительно особенностей прецедентных мужских антропонимов в испанском языке:

1. Испанские мужские прецедентные имена представляют широкий спектр носителей: христианские святые, исторические личности, герои литературных произведений, народного творчества, легенд, массовой культуры.

2. Мужские прецедентные антропонимы употребляются в испанском языке, как в составе фразеологических оборотов, так и самостоятельно.

3. Большое количество идиоматических выражений содержат в своем составе имена собственные библейских персонажей.

4. Испанские мужские прецедентные имена активно входят в группу апеллятивной лексики.

5. При переходе мужского прецедентного имени в разряд апеллятивной лексики, имя нарицательное часто получает негативную коннотацию.

6. Прецедентными антропонимами становятся как полные имена, так и их диминутивные формы.

7. Мужские прецедентные имена в испанском языке называют не только конкретных носителей, но и именуют собирательные образы, характерные для данной языковой среды.

8. Вопрос о происхождении некоторых прецедентных антропонимов остается в современной романистике дискуссионным.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антропонимика / ред. В. А. Никонов, А. В. Суперанская. – М.: Наука, 1970. – 360 с.

2. Караулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность. Изд. 7-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 264 с.

3. Рылов Ю. А. Имена собственные в европейских языках. Романская и русская антропонимика. Курс лекций по межкультурной коммуникации – М.: АСТ: Восток-Запад, 2006. – 311 с.

4. Испанско-русский фразеологический словарь: 30000 фразеологических единиц / Diccionario fraseológico español-ruso: 30000 modismos, enlaces frecuentes y frases hechas / под ред. Э.И. Левинтовой. – Москва: Русский язык, 1985. – 1080 с.

5. Сингаевская А.В. Национально-культурное своеобразие испанских фразеологизмов с компонентом-антропонимом [Электронный ресурс] // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – Тамбов: Грамота, 2014. – № 4. – С. 178–184. – Режим доступа: http://www.gramota.net/materials/2/2014/4-2/50.html (дата обращения: 12.10.2018).

6. Чеснокова О.С., Шкарбань Е.А. Фразеологические единицы с антропонимами в современном испанском языке [Электронный ресурс] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Лингвистика. – 2012. – № 1. – С. 70–77. – Режим доступа: http://pps.kaznu.kz/ru/Main/FileShow2/1589/44/2/2/0/ (дата обращения: 12.10.2018).

7. Buitrago Jiménez A. Diccionario de dichos y frases hechas. – Madrid: Espasa Libros S.L.U., 2012. – 982 p.

8. WikiCondoritoOficial [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://es.condoripedia-oficial.wikia.com/wiki/Pepe_Cortisona (дата обращения: 29.11.2018).

УДК 81'33

М.И. Медведева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ГЛОРИФИКАЦИИ В ПОЛИТИЧЕСКОМ ДИСКУРСЕ ПРИ ОБРАЩЕНИИ К ИСТОРИЧЕСКОМУ СОБЫТИЮ

Настоящая статья посвящена изучению языковых средств, применяемых в политическом дискурсе путем использования стратегии глорификации, или возвеличивания, реципиента коммуникативного акта. Изучение коммуникативных стратегий и тактик, а также социокультурная значимость исторического дискурса, которая влияет на самоидентификацию личности, принадлежность к социальной группе, определение и поддержание традиций и связь между поколениями, определили актуальность данной темы. Исследования в области взаимовлияния языка и идеологии при вербализации исторических знаний в политической коммуникации являются актуальными на сегодняшний день. Развивающийся междисциплинарный подход в гуманитарных науках позволяет лингвистике внести свой вклад в объяснение социальных феноменов. В настоящее время лингвистика занимается изучением языковых средств, обладающих воздействующим эффектом, направленных на формирование мнений, убеждений и определяющих социальное и индивидуальное поведение людей. С целью объективного изучения структуры и процесса речевого воздействия в текстах, предназначенных для воздействия на адресата, применяется лингво-прагматический анализ текста, который также позволяет выявить предполагаемые результаты применения тех или иных стратегий.

В качестве объекта исследования были выбраны исторические события, а именно ключевые исторические события XX века, и их вербализация в политическом дискурсе. Анализируются речевые средства, представляющие определенные исторические события в политической коммуникации.

Предметом исследования являются речевые средства разных уровней языка, демонстрирующих оценочное представление исторических событий в политическом дискурсе.

В качестве метода исследования применяется лингвистический анализ, предполагающий дискурсивный подход к изучению текста, поскольку при таком подходе, согласно В.Е. Чернявской, «текст признается адекватным отражением когнитивных структур

и операциональных установок носителей языка» [1, с. 76; 2, с. 83]. Основополагающим элементом данного подхода является отношение между участниками коммуникации (субъект – объект), также особое внимание уделяется внелингвистическим аспектам (дискурсу). Так текст выступает в роли активного инструмента воздействия на адресата коммуникации и представляет собой важный элемент метатекстового единства. А поскольку в центре современного лингвистического анализа лежит осмысленное прагматическое выделение элементов действительности, то применяемый подход коррелирует с коммуникативно-прагматическим подходом.

Таким образом, когнитивно-дискурсивный подход применяется при анализе высказываний политиков с целью выявления способов репрезентации исторических событий в контексте политического обращения, метод контекстуально-интерпретационного анализа и методы количественных подсчетов для установления частотности и общей употребительности коммуникативных стратегий.

Цель исследования состоит в комплексном описании языковых стратегий и средств, реализующих коммуникативно-речевые стратегии глорификации для актуализации исторического события. К задачам исследования относятся изучение особенностей реинтерпретации действительности в политическом дискурсе; изучении и описании тактики глорификации в вербализации исторического события в исследуемом материале.

По мнению В.Е. Чернявской, вариативность смыслов и оценок в реконструировании исторического события происходит, как минимум на уровне вербализованной реальности, которая создается средствами языка и не является тождественной самой реальности как последовательности фактов, событий, явлений, и на уровне множественности оценок, которая может приписываться индивидуально автором сообщения, из чего следует, что оно не объективно, поскольку интенция автора обусловлена и зависит от множества различных факторов, таких как социальные, психологические, этические, религиозные и т.д. [3]. Вариативность исторического описания увеличивается за счет наличия различных политических установок, тем самым изменяя исторический нарратив на квазиисторический. При столкновении с оппонентом политика актуализирует историческое прошлое и изменяет историю согласно идеологии, которая может поддержать необходимые политические проекты.

Выражение идеологии, по Т. А. ван Дейку, осуществляется в оппозиции «свои – чужие», в основе которой лежит определение двух категорий принадлежности. В глобальном контексте политики эти группы выражены парой отношений «мы» и «они» [4, с. 32; 5 с. 12]. Данная оппозиция является ключевой для формирования внутригрупповой идентичности. Так, Э. Лаклау и Ш. Муфф утверждают, что каждый член социума относит себя к той или иной социальной группе, основываясь на самоотождествлении себя кем-либо или чем-либо. Также они отмечают, что круг «мы» создается и усиливается за счет использования круга «они». В одном из вариантов данный круг представляет из себя образ врага, и главной целью круга «мы» является победа и уничтожение противопоставляемой стороны. В другом варианте круг «они» состоит из соперников, пропагандирующих отличающиеся идеи, и тем не менее, они имеют право это делать, и главной целью круга «мы» считается борьба с соперником. Таким образом, мы наблюдаем два типа противопоставления, и можем обозначить различие между двумя его известными формами: антагонизмом и агонизмом. Борьбой между врагами называют антагонизмом, а борьбу между соперниками – агонизмом.

Разграничение круга «свои» и круга «чужие», влияние на картину мира реципиента и желание убедить выполнять или не выполнять определенные действия являются целью политического дискурса.

Для успешного влияния на реципиента применяется ряд стратегий и речевых приемов, которые являются частью нейролингвистического программирования, направленного на неявное и неочевидное побуждение к тому или иному действию, что будет являться

результатом скрытого внедрения установок, намерений, желаний и т.п. в психику адресата. Так различные стратегии и речевые приемы актуализируются в политических выступлениях при реконструировании исторического события, используя языковые ресурсы различных уровней, обладающих персуазивным эффектом.

Поскольку настоящая статья посвящена изучению стратегии глорификации в политическом дискурсе, далее мы рассмотрим на примерах как реализуется данная стратегия.

В речевой тактике глорификации используются различные лингвистические средства на разных уровнях текста, способствующие определению реципиентом круга «свои» и возвеличиванию его над кругом «чужие». Основным средством реализации данной тактики является использование лексем с положительной коннотацией и семантикой «превосходства». При актуализации исторических знаний настоящая стратегия применяется с целью акцентирования внимания на своих достоинствах и чужих недостатках. Таким образом в семантическом поле «свои» осуществляется игра на повышение, а именно, происходит преувеличение собственных достоинств, в то время как для «чужих» происходит игра на понижение, т.к. преувеличиваются их недостатки и очерняются их достоинства. К приемам глорификации можно отнести гиперболы и повторы.

Следующие примеры были заимствованы из официального объявления Белого дома, посвященного празднованию 50-летней годовщины окончания Вьетнамской войны.

«As we observe the 50th anniversary of the Vietnam War, we reflect with solemn reverence upon the valor of a generation that ***served with honor****. We pay tribute a world away from everything they knew and everyone they loved... they pushed through jungles and rice paddies, heat and monsoon, fighting* ***heroically*** *to protect the ideas we hold as Americans. Through more than a decade of combat, over air, land and sea,* ***these proud Americans*** *upheld the highest traditions of our Armed Forces»* [6].

В приведенном отрывке автор сообщения с первых слов создает семантическое поле «свои», применяя инклюзивное местоимение we, тем самым, согласно Чернявской В.Е., он представляет не только свою точку зрения, но и объединяет себя с адресантом. Таким образом создается эффект коллективного отправителя [7]. В обращении возвеличиваются участники военных действий, поскольку они не только служили, но делали это с честью. В слове honour заложено значение уважения и восхищения. Глорификация также происходит за счет упоминания семантического ряда «трудностей» (jungles and rice paddies, heat and monsoon; air, land and sea), которые были героически преодолены солдатами, что выражается наречием heroically с семантическим значением «крайняя смелость и уважение» и словосочетанием these proud Americans, определяющих участников военных действий как часть нации. Стоит обратить внимание на то, что на синтаксическом уровне применяются частичные параллельные конструкции, в которых присутствует одинаковое синтаксическое построение, тем самым происходит усиление художественно-эмоциональной нагрузки. Данный повтор создает ритмическую организацию высказывания и, благодаря своему однообразию, служит фоном для эмфатического выделения нужного отрезка высказывания.

«...a 13-year program to honor and give thanks to a generation of ***proud Americans*** *who saw our country through one of the* ***most challenging missions*** *we have ever faced*» [6].

В кульминации обращения адресат повторяет номинацию proud Americans, тем самым усиливая эмфатичность высказывания и обращая внимание слушателя на ключевое слово высказывания. Далее происходит усиление важности события и людей, принимающих в нем участие, за счет использования превосходной степени: «the most challenging missions we have ever faced», за счет чего происходит демонизация события и возвеличивание круга «свои», поскольку он преодолел данную трудность.

Таким образом, вариативность реконструирования исторических событий обусловлена выбором языковых единиц, что не является самим событием или явлением, и наличием

автора, обладающего интенцией и зависящего от многих социальных фактором. В основе политического дискурса лежит оппозиционная пара «свои – чужие», для усиления которых адресант применяет ряд речевых стратегий, обладающих персуазивным эффектом с целью влияния на действия адресата. При анализе политических высказываний было выявлено, что выдвижение одних и тех же смыслов реализуется за счет применения идентичных тактик и стратегий, также были обнаружены схожие языковые средства и речевые приемы прагматического фокусирования реципиента. Из этого следует вывод, что существуют универсальные персуазивные механизмы глорификации в текстах политического дискурса. Данная стратегия применяется с целью сближения участников круга «свои» и усилению принадлежности к нему. Благодаря лингво-прагматическому анализу было выявлено, что реализация стратегии глорификации заключается в выборе языковых единиц с положительной коннотацией и несущих семантическое значение превосходства, уважения, восхищения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чернявская В. Е. Прошлое как текстовая реальность: методологические возможности лингвистического анализа исторического нарратива // Вестник Томского государственного университета. Филология. 2016. № 3 (41). С. 76–87.

2. Чернявская В. Е. Операционализация контекста в дискурсивном анализе // Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология. 2017. Т. 9, вып. 4. С. 83–93.

3. Чернявская В. Е. Политизация истории как стратегия создания новой государственной идентичности: лингвистический анализ // Политическая лингвистика. 2013. № 4. С. 85–90.

4. Van Dijk T. A. Discourse and Manipulation. In Discourse & Sciety V. 17 (2). Sage Publications, 2006. P. 359.

5. Иссерс О. С. Коммуникативные стратегии и тактики русской речи. Изд. 5-е. Москва: Книжный дом «Либроком» / URSS, 2008.

6. Presidential Proclamation – Commemoration of the 50th Anniversary of the Vietnam War [Электронный ресурс]. – URL: https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2012/05/25/presidential-proclamation-commemoration-50th-anniversary-vietnam-war (21.04.2018).

7. Чернявская В. Е. Методологические возможности дискурсивного анализа в корпусной лингвистике // Вестник Томского государственного университета. Филология. 2017. № 50. С. 135–148.

УДК 821.111-1

М.Р. Емельянова, В.Н. Варламова
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

СЮЖЕТООБРАЗУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ МИФОЛОГЕМЫ «САДА» В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ТЕКСТЕ (НА МАТЕРИАЛЕ ПЬЕСЫ БЕРНАРДА ШОУ «ДОМ, ГДЕ РАЗБИВАЮТСЯ СЕРДЦА»)

Актуальность данного исследования заключается в недостаточной изученности архетипических образов и мифологических репрезентаций в художественных текстах. Важную роль для декодирования произведений играет исследование сюжетообразующей функции мифологем.

При недостаточной изученности ранее упомянутых вопросов возникают трудности в определении истинных интенций автора при декодировании художественного текста.

Для изучения мифологемы сада необходимо: изучить теоретическую литературу по данной проблематике, определить различия между базовыми понятиями «архетип», «символ», «мифологема» и рассмотреть историко-культурный и фольклорный контекст образа сада.

В работе использовались следующие методы: реферирование теоретической литературы по проблематике, контекстуальный и интерпретационный.

Результаты нашего исследования могут быть использованы на практических занятиях по аналитическому чтению, в курсе стилистики английского языка, а также при написании курсовых и дипломных работ.

Многие ученые – к ним относятся К.Г. Юнг, М.Ч. Ларионова, Ю.М. Лотман и другие – посвятили свои труды проблеме взаимодействия фольклора и литературы. Несмотря на то, что фольклор и литература тесно связаны, они не являются синонимами. Литература входит в сферу духовной деятельности, в сферу искусства [1]. Фольклор же представляет собой совокупность художественных и нехудожественных форм культуры народа. Фольклор был прародителем литературы, а основой для фольклора был миф. Миф, в соответствии с М.В. Савиновым, это «форма целостного массового переживания и истолкования действительности при помощи чувственно-наглядных образов, считающихся самостоятельными явлениями действительности» [2, с. 12]. Миф являл собой первейшую форму синтетического познания окружающего мира и давал возможность исследовать пространство, целое, имеющее определенный порядок [3, с. 53].

Прежде чем перейти к анализу мифологемы сада в пьесе Б. Шоу, следует осветить базовые понятия: «архетип», «символ», «мифологема».

Как утверждал К.Г. Юнг, «архетип» (в переводе с греч. – «начало образа») «есть фигура, повторяющаяся на протяжении истории везде, где свободно действует творческая фантазия» [4, с. 283].

В соответствии с К.Г. Юнгом все символы выражают архетипы [4, с. 285]. Символ есть воплощение начального мифологического образа, которое помогает выразить образ мира. Ю.М. Лотман описал символ как своеобразный мост, соединяющий берег реальности с берегом мистического и тайного [5, с. 191]. Символ может совмещать в себе несколько мифологем и они, сливаясь воедино, могут образовать многослойный смысл [4].

М.Ч. Ларионова отмечала, что, если архетип представляет собой бессознательное воспроизведение мифологических мотивов, то мифологема в ее понимании обозначает заимствование автором этих мотивов [4, С.99]. Иными словами, архетип можно считать неким скелетом мифов, в то время как мифологема – это различные проявления, модификации этих мотивов в исполнении того или иного автора. Мифологема воспроизводит устоявшиеся образы, которые восходят к древности, иногда данное воспроизведение может не совпадать с исходным собственным смыслом мифа.

В данной работе мы обратились к мифологеме сада, которая является универсалией мировой культуры. Сад – неотъемлемая часть фольклора любого народа. Его можно найти в китайской, русской, английской и других культурах. В Китае сады имитировали мифические Таинственные острова – места обитания императоров, обретших бессмертие [5]. А индуистская мифология повествует о райском саде, в котором растет древо, исполняющее желание. Тот же сад появляется и в Библейских писаниях. Здесь он есть Эдем, центр Космоса, место безгрешности и счастливой безответственности [6]. Чаще всего он отделен от всего мира, сакрален. В христианстве сад имел два обличия: «земное» и «небесное» [7]. «Земной» сад был насажден самим Богом для первых людей, а «небесный» в свою очередь был создан для душ праведников и святых, чтобы они ожидали там, в непрестанной радости и блаженстве, воскресения тел своих на земле [5]. В «Словаре символов» (“A dictionary of Symbols”) [8] есть информация о том, что сад входит в группу «ограниченного участка земли», который издавна ассоциировался с Теменосом (священным местом, посвященным конкретному божеству). Таким образом, сад наделялся духовной сущностью [8]. Он символ души, а садовник работает над садом, улучшает его, приводит к идеалу. В английской культуре можно проследить особенное отношение к небольшому участку земли позади дома. Кейт Фокс в своей книге «Наблюдая за англичанами» писала, что задний сад (“backgarden”)

скрыт от лишних глаз; он является местом, в котором хозяин дома и его близкие могут быть предоставлены самим себе, расслабиться, насладиться уединением. В саду можно найти «отпечаток» хозяина: выбор интерьера, цветов и так далее [9, с. 48–50].

Теперь обратимся к анализу сюжетообразующей функции мифологемы сада на примере пьесы Бернарда Шоу «Дом, где разбиваются сердца» [10]. Вышеупомянутая функция является одной из важнейших, потому что определяет развитие сюжета как всей пьесы, так и отдельных её фрагментов.

В пьесе рассказывается история одного дома и его жителей, к которым в один вечер приезжают гости. Вся история строится на взаимодействии героев: обмене репликами, действиями по отношению друг к другу и так далее [10].

Исходя из содержания, мы понимаем, что сад не является центральным персонажем. Но он играет важную роль в развитии сюжета произведения. Именно в саду происходит эпизод «саморазоблачения». Можно предположить, что здесь представлен «райский» сад, потому что именно в нем, в соответствии с мифологией не было месту лжи, а также он был огражден от остального мира – сакрален.

Автор подтверждает данные суждения, используя мифологему «сада» на протяжении всего произведения. Далее более подробно рассмотрены примеры.

В начале пьесы, когда гости прибывают, глава дома принимает Дэна за своего заклятого врага и уходит в сад (“...he goes out through the garden...”) [10, с. 86] с целью избежать дальнейшего общения. Важно отметить, что Дэн остается внутри, в то время как капитан удаляется. Б. Шоу уже изначально намекает, что герои будут искать «спасения» не в сердце дома, а в саду (что вновь отсылает нас к работе Кейт Фокс, где она пишет, что сад — душа хозяина дома/поместья).

Далее, по прошествии определенного времени, один из гостей произносит фразу: “...I don't think I'll take any tea this afternoon. But if you will show me the garden – ...” [10, с. 116]. Сад изначально привлекает героя, он проявляет желание покинуть дом и пойти в более приятное и спокойное место. Таким образом, усиливается ощущение, что всем присутствующим неприятно или тяжело находиться в доме.

Если же герои не могли выйти физически в сад, то автор использовал иные способы обратить их внимание на участок вне дома. Например, в данном случае: “...she goes to the window-seat and sits down, turning away from them ill-humoredly and looking into the garden...” [10, с. 117]. Героиня не выходит в сад, но направляет туда свой взгляд. Иными словами, она подсознательно искала спасения и находит его в небольшом участке земли.

Герои ещё не раз будут пытаться выходить в сад или смотреть на него (это можно наблюдать в более чем шестнадцати внутри сценических ремарках первого и второго действий). Многое, происходящее там, остается тайной, а это присуще Эдему. Как и в «Эдеме» героиня Бернарда Шоу Элли познает некоторую истину. Она осознает, что хочет жить в благословении. Место действия третьего акта [10, с. 205–237] – сад. Именно в нём герои переходят к более конкретной теме разговора о недостатках дома, приходят к выводу, что проблема в них (вновь познание истины) и проявляют желание меняться. Пиком данного акта также можно считать фразу, произнесенную капитаном Шатовером – “...Think of this garden in which you are not a dog barking to keep the truth out!...” [10, с. 217]. Он молит Менгена помнить о месте, где он был честен. Автор помогает понять, что герои могли быть собой и откровенны непосредственно в саду и нигде более. Ранее упомянутая фраза воспринимается как крик души не столько капитана, хозяина дома-корабля, как самого автора.

Сюжетообразующая функция сада состоит в том, что он являет собой «спасательный круг», в то время как дом казался похожим на корабль. В нём герои понимают, что семейное гнездо Шатоверов оказывало некоторое влияние на их действия, мешало понять существующие проблемы и признаться в собственной ничтожности.

Автор использует мифологему «райского» сада в соответствии с собственными интенциями. В пьесе именно сад является безопасным местом для героев, он помогал освободиться от негативного воздействия «корабля» и искать ответы на вопросы. Автор намекает, что лишь сад был пристанищем этих безутешных душ, спокойствие и блаженство можно было отыскать в их своеобразном Эдеме.

Отсутствие сада кардинально бы изменило сюжет пьесы. Без него было бы невозможно получить дополнительную информацию о героях. Нельзя было бы увидеть в них желание меняться ради светлого будущего. Более того, благодаря саду также создается и подчеркивается контраст. Огромный дом-корабль, внутри которого люди менялись, противопоставляется светлому и тайному саду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Костюхин Е.А. Лекции по русскому фольклору: Учебное пособие: 2-е изд., стер. – СПб.: «Лань»; «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ», 2016. – 336 с.

2. Савинов М.В. Миф как особая форма осмысления бытия: автореф. дис. канд. филос. наук: 09.00.01. – М., 2011. – 20 с.

3. Культурология: XX век: энциклопедия: Т. 2. – СПб.: Университетская книга, 1998. – 446 с.

3. Юнг К.Г. Архетип и симфол. – М.: Канон+, 2018. – 335 с.

4. Ларионова М.Ч. Миф, сказка и обряд в русской литературе XIX века. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2006. – 256 с.

5. Грефеншейн А. Краткая энциклопедия символов. 2013. Режим доступа: http://www.symbolarium.ru/index.php/Сад (дата обращения: 24.07.2018).

6. Комиссарова Э.С. Классификация и функции символических образов в англоязычном художественном тексте (на материале романа «Код Да Винчи» Д.Брауна) // Огарёв-Online. 2015. С. 1–6.

7. IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум 2012». 2012. Режим доступа: https://rae.ru/forum2012/18/2961 (дата обращения: 06.08.2018).

8. J.E. Cirlot, Dictionary of Symbols, Taylor & Francis e-Library. № 2, 2001. С. 401.

9. K. Fox, Watching the English. 2014. – 157 с.

10. G.B. Shaw, Heartbreak House. 2003. – 237 с.

УДК 159.99

О. О. Кунина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕКСТА

На сегодняшний день технологии присутствуют практически во всех сферах нашей жизни. Не обходит стороной процесс информатизации и образование. В рамках педагогического дизайна применяют различные инструменты для повышения качества электронного обучения. Неотъемлемой частью процесса обучения в электронной среде является текст, который составляет основу электронного курса. Именно по этой причине текст становится предметом исследования, и ему стоит уделять особое внимание, так как от качества текста зависит уровень его восприятия.

Целью работы является рассмотрение часто применяемых методик экспериментального исследования текста и возможность их использования в педагогическом дизайне. При написании работы применялись теоретические методы исследования, включающие приемы анализа и синтеза, изучение отечественной и зарубежной практик, а также эмпирический метод.

Вопросами исследования текста занимались и занимаются как отечественные, так и зарубежные ученые. Среди них И.Р. Гальперин, Л.В. Сахарный, А.А. Леонтьев, А.Ф. Папина, А.С. Штерн, В. Тейлор.

Для начала стоит детально рассмотреть, что такое текст. В настоящее время существует огромное количество определений текста. Их насчитывается даже больше, чем определений понятия «предложение». Согласно словарю иностранных слов, текст – это авторское сочинение или документ, воспроизведенные на письме или в печати. Кроме того, к тексту относится и основная часть печатного набора – без рисунков, чертежей, примечаний, а также слова к музыкальному сочинению, нотный текст и типографский шрифт [1]. С точки зрения лингвистики и семиотики текст – это последовательность знаков языка, образующая единое целое и составляющая предмет особой науки – лингвистики текста. Определение текста с лингвистической точки зрения предлагает И.Р. Гальперин. Согласно такому подходу, текст – «это произведение речетворческого процесса, обладающее завершенностью, объективированное в виде письменного документа; произведение, состоящее из названия (заголовка) и ряда особых языковых единиц (сверхфразовых единств), объединенных разными типами лексической, грамматической, стилистической связи, имеющих определенную целенаправленность и прагматическую установку» [2, с. 18].

Психолингвистический подход определения текста учитывает непосредственно фактор человека, создающего и воспринимающего этот текст, фактор коммуникативной ситуации. Ни характер структуры текста, ни его размеры не служат основополагающими факторами. Они лишь характеризуют тексты, которые созданы для определенных коммуникативных ситуаций. Текст может быть любых размеров: как больших, так и минимальных. Кроме того, зачастую используется и отрицательный языковой материал: тексты детской речи, тексты больных с афазией, шизофренией, тексты, созданные в период нервного напряжения, и т. д. Так, согласно основоположнику российской психолингвистики Алексею Алексеевичу Леонтьеву, текст соотносится с категорией речевой деятельности. Это продукт речемыслительной деятельности людей, требующий нормальных условий речевой деятельности, что предполагает наличие неиспорченного артикуляторного аппарата, слухового аппарата, если это устная речь; и умение писать и читать, если речь идет о письменном тексте [3].

Перейдем к основным свойствам текста, среди которых выделяют цельность (или когерентность) и связность (или когезию). С одной стороны, эти два свойства противопоставляются, а с другой – дополняют друг друга. Когезия отражает формальную сторону текста, она связана с его поверхностной структурой и обусловлена линейностью. С помощью определенных элементов связности фиксируются установленные между компонентами текста отношения. Цельность текста, в свою очередь, связана с его смыслом и планом содержания. Леонид Владимирович Сахарный, основоположник Петербургской школы психолингвистики, предлагает следующее определение цельности: это психолингвистический феномен особого рода, который представляет собой возникающее в психике человека одновременное, интегральное, полностью неосознаваемое динамическое представление о некотором объекте [4]. Когезия включает в себя такие параметры, как правила соположения и согласования элементов текста, сцепление элементов текста между собой, локальная связность, синтагматика, формальная категория, лингвистическая категория. Когерентность, в свою очередь, включает в себя следующие элементы: наличие в тексте единой темы, смысловое единство текста, глобальная связность, парадигматика, содержательная категория, психолингвистическая категория.

Теперь перейдем к рассмотрению методик экспериментального исследования текста. Начнем с методики набора ключевых слов. Автором этой методики является профессор Санкт-Петербургского государственного университета Анна Соломоновна Штерн. Методика заключается в том, что испытуемым необходимо выделить определенное количество

ключевых слов в предложенном тексте. Благодаря эксперименту можно определить абсолютную частоту встречаемости. Та группа слов, которая получает максимальные частоты, составляет истинный набор ключевых слов к определенному тексту. Выделяют малый, средний и большой наборы ключевых слов. Малый набор составляет 1–3 слова и отражает общую тему-понятие, к которой относится текст. Средний набор составляет 7–12 слов и включает в себя основных героев, основной предмет, их характеристики, кульминационный момент и отражается цельность текста. Большой набор составляет 15–20 слов, что составляет детализирующие слова и подтемы текста и отражает его содержание. Эта методика широко применяется при обучении иностранному языку, родному языку, например, при написании изложений, при лечении больных афазией или шизофренией, а также при трудоустройстве сотрудников, которым в дальнейшем предстоит работа с текстом [5].

Методика лакунарных текстов, или методика контекстной предсказуемости, тоже широко используется. Она была предложена более пятидесяти лет назад В. Тейлором как “cloze-test” с целью измерения читабельности художественной прозы. Методика заключается в том, что учащимся дается текст, в котором есть пропущенные слова, лакуны, а они должны восстановить этот текст, заполнив пропуски. В результате эксперимента испытуемыми могут быть предложены различные варианты ответов. Первый вариант – это адекватная вставка, то есть идентичное слово, синоним или вставка, которая никак не нарушает синтаксиса исходного текста. Также может быть предложена вставка с синтаксической или семантической ошибкой, вставка с нарушением прагматического компонента, что уже свидетельствует об определенных психических отклонениях. Эта методика широко применяется в лингвистике текста. Например, можно убрать из текста все глаголы или все существительные и проследить, насколько определенная часть речи важна для восприятия того или иного текста. Также от способности заполнить лакуны зависит уровень владения каким-либо иностранным языком [6].

Перейдем к методике регистрации движения глаз. Понимание письменного текста включает в себя множество дополнительных параметров: распознавание букв, графики и структурных компонентов. Существуют индикаторы «читабельности» при изучении разных типов текстов: средняя длина предложений (в словах), процент «простых» слов, количество различных «сложных» слов, количество местоимений (первого, второго и третьего лица), минимальная длина предложения (в слогах), максимальная длина предложения (в слогах), средняя длина предложения (в слогах), процент односложных слов, процент многосложных слов. Текст подразделяется на два вида: динамический и статический. Они различаются типами предикатов. Динамические предикаты представляют цепочку событий (например, *пошел, обошел, вернулся* и т.д.) и говорят читателю о совершаемых действиях. Статические предикаты носят описательный характер (например*, казался, был* и т.д.). Тип текста влияет на скорость его обработки и восприятия. Запоминание и воспроизведение также зависят от типа предиката: динамические тексты воспринимаются быстрее и легче, чем статические. Кроме того, научный текст требует большей степени мотивации при чтении, так как его восприятие требует большего количества времени, а в процессе чтения читающий чаще возвращается к уже прочитанным фрагментам [7].

Перейдем к практической части исследования. Был проведен эксперимент на основе методики набора ключевых слов. Экспериментальную группу составили 75 человек. Испытуемым было предложено прочитать рассказ А. П. Чехова «Радость» объемом 2715 символов и выделить в нем 10 ключевых слов. Под ключевыми словами подразумевались слова, которые передают смысл текста, самые важные моменты, события, его содержание, героев, основные характеристики. Целью эксперимента было сформировать на основе ответов испытуемых истинный набор ключевых слов, в который войдут наиболее частотные варианты ответов. На гистограмме (рис. 1) наглядно видно, как распределись ответы

испытуемых. Со значительным отрывом лидирует ключевое слово «газета». Таким образом, в результате эксперимента был сформирован следующий истинный набор ключевых слов: газета, радость, нетрезвый, лошадь, известность, Митя, Россия, счастье, полицейский участок, читайте.

Рис. 1. Ключевые слова

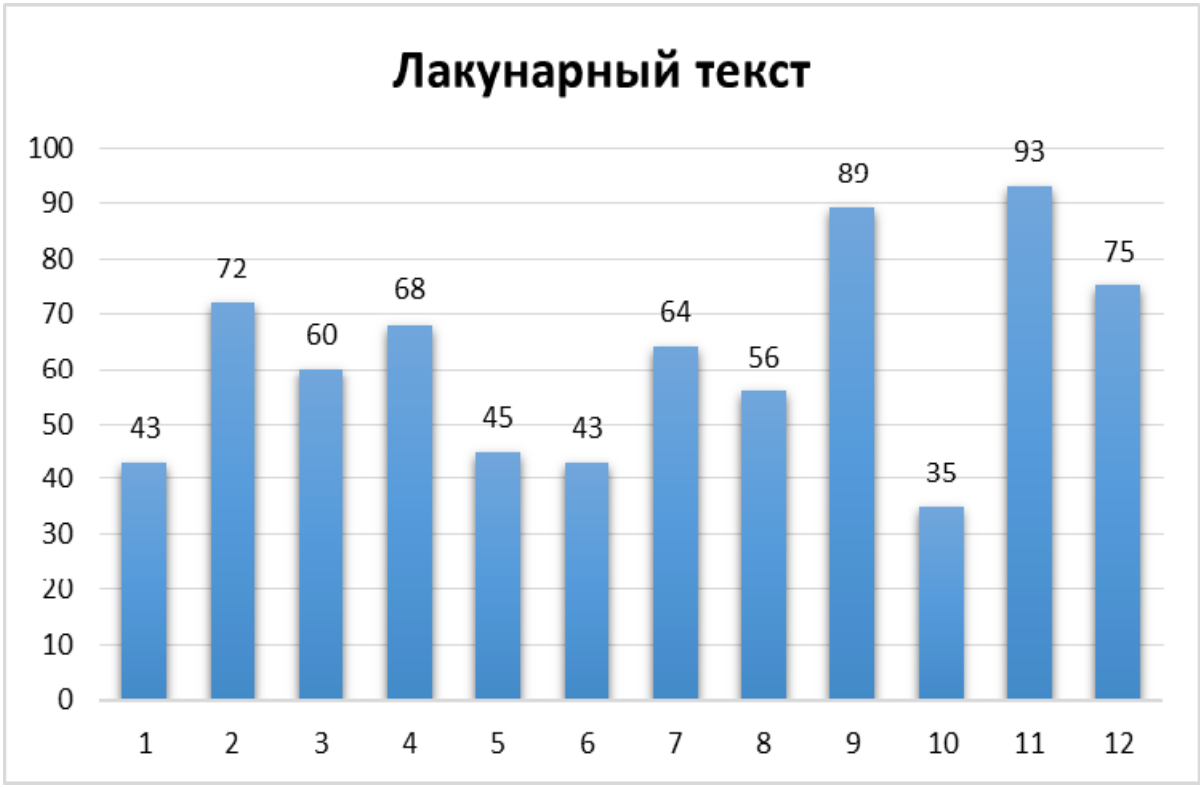


Рис. 2. Проценты адекватных вставок в лакунарном тексте

Кроме того, был проведен эксперимент по методике лакунарных текстов. Был взят отрывок из романа Гузель Яхиной «Дети мои». Из отрывка было удалено каждое шестое слово. Задача испытуемых заключалась в том, чтобы восстановить имеющиеся лакуны. Всего в тексте было двенадцать пропусков. В результате эксперимента было выявлено, что адекватная вставка, то есть слова, которые подходят грамматически, стилистически, семантически и синтаксически, в целом составила 61,9%. Однако детальное исследование каждой лакуны показало, что были места, которые оказались довольно сложными для испытуемых. Там процент адекватной вставки составил всего лишь 35%. В то же время в тексте были и интуитивно понятные места, где процент адекватной вставки составил 75%, 89% и 93%. На гистограмме (рис. 2) отображены в процентах адекватные вставки в каждом пропуске.

Каждая из описанных методик является по-своему действенной. Методики позволяют экспериментальным путем изучить, как человек воспринимает информацию, какие типы текстов усваиваются лучше и быстрее. Подобные исследования и выводы из них могут позволить сделать процесс создания образовательных текстов более эффективным, что будет способствовать развитию и повышению качества электронного обучения. Тип текста влияет на скоростные показатели обработки того или иного текста и на объем информации, обрабатываемой за одну фиксацию. Запоминание и последующее воспроизведение текста тоже напрямую зависят от типа предикатов, используемых в тексте: динамические тексты обрабатываются значительно легче статических. Научный текст читается, обрабатывается и понимается иначе в сравнении с публицистическим и обиходно-разговорным текстами; его восприятие требует большего количество времени, заставляет читающего чаще возвращаться к уже прочитанным фрагментам текста, а значит, требует большей мотивации. Сложность текста имеет значение только для детей, имеющих высокий уровень владения навыками чтения и понимания текста и читающих бегло, целыми группами слов. Индивидуальные стратегии понимания текста существенно различаются в зависимости от уровня сформированности навыков чтения. Дети с более низким уровнем владения навыками чтения одинаково плохо понимают оба текста. Общие результаты исследования показывают, что влияние типа текста сказывается на процессе обработки текста по мере приближения к «взрослой норме»: чем выше сформированность навыков чтения, тем больше влияние фактора «тип текста». В педагогическом дизайне информационной образовательной среды методика набора ключевых слов и методика лакунарных текстов применяются при составлении тестовых заданий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Новейший словарь иностранных слов и выражений. – Мн.: Современный литератор, 2007. – 976 с.

2. Гальперин И. Р. Текст как объект лингвистического исследования. – М., 2008. – 144 с.

3. Леонтьев А. А. Основы психолингвистики. – М., 1997. – 287 с.

4. Сахарный Л. В. Введение в психолингвистику. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 184 с.

5. Мурзин Л. Н., Штерн А. С. 1991 – Текст и его восприятие. – Свердловск, 1991. – 172 с.

6. Taylor N. L., Cloze procedure. A new technique for measuring readability, Journalism Quarterly, 30, 414–438.

7. Папина А.Ф. Текст и его глобальные единицы. – М., 2002. – 200 с.

УДК 821.161.1

М.А. Филиппова, Т.Ю. Волошинова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕЧЬ АВТОРА И РЕЧЬ ГЕРОЯ В РАССКАЗЕ В. НАБОКОВА «МУЗЫКА» (ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА)

Статья посвящена рассмотрению речесубъектной организации текста в рассказе В. Набокова «Музыка», входящего в сборник «Соглядатай». В исследовательской литературе, посвященной творчеству В. Набокова, объектом анализа чаще становятся романы, а не рассказы. Однако в последнее время ситуация несколько изменилась, и изучению рассказов было уделено некоторое внимание со стороны отечественных исследователей. Нам представляется важным отметить следующие работы: Романовская О.Е. «Принципы повествования в рассказах В. Набокова» (2003) [1]; Сверчкова А.В. «Своеобразие и эволюция стиля В. Набокова (на материале сборников “Возвращение Чорба”, “Соглядатай”, “Весна в Фиальте”)» (2013) [2]; Белоусова Е.Г., Сверчкова А.В. «Принципы организации хронотопа в рассказах В. Набокова 1920–1930-х годов» (2013) [3]; Афанасьев О.И. «Музыкальные мотивы в художественном творчестве В.В. Набокова» (2017) [4]. Тем не менее значительное количество произведений остается недостаточно изученным, что порождает не только теоретические проблемы литературоведческого характера, но и практические вопросы (в частности, вопросы трактовки произведений В. Набокова в процессе редакторской подготовки его сборников). Таким образом, актуальность нашего исследования обусловлена недостаточной изученностью рассказов В. Набокова вообще и рассказа «Музыка» в частности. Мы остановимся на анализе субъектов повествования в рассказе, поскольку, как показал комплексный лингвистический анализ текста, именно этот аспект исследования является, с одной стороны, наиболее сложным, с другой – наиболее значимым для понимания многозначности авторской идеи.

Цель работы состоит в изучении речесубъектной организации в рассказе В. Набокова «Музыка». Поставленная цель предполагает решение следующих задач: проанализировать взаимодействие речи автора и героя, рассмотреть специфику «перевоплощения» автора в одного из персонажей рассказа, охарактеризовать иерархию субъектно-объектных отношений в тексте.

В работе применяется метод лингвистического анализа художественного произведения с элементами структурного и герменевтического методов.

Рассказ В. Набокова «Музыка» в полной мере отражает характерные для прозы автора повествовательные приемы [1, с. 128]. Так, в нем мы можем обнаружить неоднородность речесубъектной организации.

В первом абзаце рассказа имя собственное, данное вместе со словом «отражение», указывает на присутствие фигуры наблюдателя, на роль которого может претендовать сам герой, смотрящий на себя в зеркало, или автор, который следит за происходящим со стороны. Мы можем отметить, что в произведениях В. Набокова часто «внешнее» бытие служит у автора лишь жалкой копией, отражением бытия «внутреннего». Именно поэтому в рассказе с первых строк перед нами предстает лишь отражение героя, а не он сам. Свойственный В. Набокову мотив отражения мы можем увидеть и в тех фрагментах рассказа, когда автор описывает пианиста: «…все так же кривлялись потусторонние руки в лаковой глубине». Посредством такого приема автор дает нам понять, что музыка Вольфа – это всего лишь подобие истинного мастерства, но не само мастерство.

Далее в рассказе происходит частое чередование между авторской речью и речью героя. Последовательное повествование от третьего лица перебивается фрагментами с несобственно-прямой речью (напомним, что специфика несобственно-прямой речи «состоит

в отсутствии четких границ между сферами сознания разных субъектов – повествователя и персонажа» [5, с. 353]): «Он увидел, среди чужих, некоторые знакомые лица, – вон Кочаровский – такой милый, круглый, – кивнуть ему... кивнул, но не попал: перелет, – в ответ поклонился Шмаков, который, говорят, уезжает за границу, – нужно будет его расспросить [...] Дальше наполовину в тени, прижав к виску вытянутый палец, слушал, лакомый до музыки, чернобородый, горбатый человек, имя-отчество которого никак нельзя было запомнить, – Борис? нет, не Борис... Борисович? тоже нет»; «…мысль эта перебивалась вопросами, – знает ли хозяйка, знает ли кто-нибудь в комнате, – и через кого она сюда попала, и пришла ли одна, или с новым своим мужем, – и как поступить – остаться так или посмотреть на нее?»; «Он опять посмотрел, – и теперь она сидела потупясь, держа руку у бровей, – да, она очень музыкальна, – должно быть Вольф играет знаменитую, прекрасную вещь»; «Вероятно, музыка подходит к концу»; «Кто-то, переменив положение тела, почти всю ее заслонил, вынул белый, как смерть, платок, но сейчас отодвинется чужое плечо, она появится, она сейчас появится. Нет, невозможно смотреть. Пепельница на рояле».

Частое употребление графически неоформленной и немотивированной предваряющими глаголами несобственно-прямой речи используется в качестве формообразующего повествовательного принципа. Этот прием размывает границу между автором и героем, нарушает иерархию субъектно-объектных отношений. Можно сделать вывод о том, что формы глаголов настоящего времени («говорят», «знает», «играет», «подходит»), а также односоставные предложения в данном случае воссоздают непосредственное время переживаний героя.

Анализ маркеров речесубъектной организации текста показывает, что герой в конце концов оказывается основным говорящим субъектом, вытесняя автора-повествователя: «Живи, живи. Живи, как сейчас живешь; как вот сейчас сидишь, сиди так вечно; ну, взгляни на меня, я тебя умоляю, – взгляни же, взгляни, – я тебе все прощу, ведь когда-нибудь мы умрем, и все будем знать, и все будет прощено, – так зачем же откладывать, – взгляни на меня, взгляни на меня, – ну, поверни глаза, мои глаза, мои дорогие глаза. Нет. Кончено». Отметим, что данный фрагмент, на наш взгляд, передает наивысшую степень эмоционального напряжения персонажа за счет использования местоимений первого лица.

В финале рассказ вновь строится как повествование от третьего лица: «Виктор Иванович смотрел по направлению двери [...]. С ним поздоровался некто Бок, заговорил мягким голосом [...]».

Отметим несколько любопытных моментов, которые, возможно, напрямую связаны со специфической речесубъектной структурой рассказа «Музыка».

Так, в конце рассказа, обращаясь к музыканту Вольфу, доктор по горловым «наступает, теснит его, толкает животом». Можно предположить, что в этом фрагменте пародийно изображается соперничество между героем и автором, описанное нами выше. Пианист, срывающий аплодисменты довольной публики, очень похож на героя, который, заняв позицию рассказчика, обращает все внимание читателей исключительно на себя и свои драматические переживания. А врач, настойчиво пытающийся подытожить выступление музыканта, ведет себя как автор, который, боясь быть вытесненным, в итоге возвращает себе право на традиционное повествование от третьего лица.

В подтверждение этой гипотезы следует отметить, что части музыкального произведения, исполняемого Вольфом, совпадают с частями «любовной музыки» Виктора Ивановича. Данную параллель мы можем проследить в следующем фрагменте. В абзаце, описывающем финальные аккорды музыки В. Набоков пишет: «…уже как будто всю душу отдавшего аккорда, пианист нацелился и с кошачьей меткостью взял одну, совсем отдельную, маленькую, золотую ноту». А чуть выше по тексту в прямой речи Виктора Ивановича мы находим следующее: «а теперь начинай всё сначала, – забыть всё, всё, что было почти забыто, но плюс сегодняшний вечер». Более того, остановка времени в рассказе

происходит вместе с уходом бывшей жены героя и с окончанием исполнения музыки Вольфом. Мы можем утверждать, что в рассказе явно подчеркивается сходство между главным героем и пианистом. Также можно привести еще одно доказательство, связанное уже с уподоблением врача в рассказе самому В. Набокову. В анализируемом нами фрагменте врач говорит: «я не знаю, понятно ли я выражаюсь, но видите ли...». Известно, что и В. Набоков был сосредоточен на том, в какую форму облечь свои мысли, как именно их выразить. «Почему я вообще написал свои книги? Во имя удовольствия, во имя сложности. Я не пишу с социальным умыслом и не преподаю нравственного урока, не эксплуатирую общие идеи – просто я люблю сочинять загадки с изящными решениями», – говорил в одном из интервью писатель [6, с. 320]. Также В. Набоков отмечал, что он вручает свои произведения «читателю-мудрецу, который сразу подмечает новую грань в блистательной фразе» [6, с. 321]. Можно сделать предположение о том, что писатель, намеренно включив такую конструкцию в речь персонажа, иронизирует над собой, давая понять читателю, что в данном фрагменте в образе врача предстает он сам.

Еще одну гипотезу мы связываем с одним из гостей, пришедших на музыкальный вечер. Эпизодический персонаж Бок носит усеченную фамилию писателя. С помощью анаграмм собственного имени автор часто зашифровывает, маркирует свое присутствие в тексте [7, с. 33]. Отметим, что имя собственное «Бок» выступает в едином комплексе с местоимением «некто». Остальные гости в противовес этому названы в предыдущем предложении местоимением «никто». Весьма вероятно, что с помощью данных номинаций в тексте делается акцент на исключительности этого персонажа на фоне других присутствующих на вечере. Таким образом, можно предположить своего рода «перевоплощение» автора в данного героя.

При такой трактовке образа Бока мы можем констатировать, что автор отстранен от героя, хотя и проявляет к нему сочувствие («…мне было вас жалко»). Он находится рядом с героем, но смотрит на него со стороны, с позиции соглядатая («Я все время следил за вами»).

Отметим, что наблюдателем в тексте является не только Бок. Сам Виктор Иванович весь описываемый в рассказе вечер наблюдает за своей бывшей женой, на что указывают многочисленные повторы слова «смотрит» и его синонимов. Однако между ними диалога так и не происходит: жена поспешно покидает вечер. Это подчеркивает разъединенность персонажей, невозможность их полного слияния даже во время максимального супружеского счастья: «Как овладеть ею полностью?». Физическое воздействие оказывается не в состоянии преодолеть дистанцию между людьми, что проявляется в описании сцены, последовавшей за признанием жены в измене: «Погодя он принялся медленно и молча ломать ей руки, – хотелось всю ее вывихнуть. Она расплакалась. Он сел за стол и сделал вид, что читает газету». К концу рассказа максимализм героя, желание полностью овладеть возлюбленной вплоть до ее «кровяных шариков» уступает место осознанию огромной ценности чисто пространственной близости – возможности «дышать одним воздухом» в «ограде музыки»: «как вот сейчас сидишь, сиди так вечно».

Бок и Виктор Иванович, напротив, беседуют. Контрастное появление местоимения «вы» в финальном диалоге свидетельствует о том, что «принципиальная ограниченность контакта между героями не распространяется на повествователя» [8, с. 185]. Герой в рассказе контактирует с автором, который выше его мира, ограниченного рамками произведения. На наш взгляд, такое открытое вмешательство автора обличает ситуацию вымысла, подчеркивает его роль как некого верховного существа, строителя и творца текста, а принятие им своеобразной маски говорит о неоднозначности происходящих событий.

Таким образом, существование сложных и постоянно меняющихся отношений между субъектами речи не мешает нам утверждать, что в рассказе подчеркнуто сохраняется дистанция между повествователем и героем. Автор как создатель и покровитель своего

текста всегда находится выше героя, который, в свою очередь, является объектом наблюдения и оценки.

Мы можем отметить, что проблематика всего рассказа выходит по сути за его пределы. Происходит это за счет частой смены субъекта речи и стираний границ между реальным миром автора и миром художественных событий. Таким образом, учитывая сделанные в ходе анализа выводы, мы можем предположить, что авторская идея имеет множественность трактовок и, как исполняемое музыкантом произведение (то ли «Крейцерова соната», то ли «Молитва девы»), действительно может быть «всем чем угодно». Подобная множественность создает определенные сложности при подготовке рассказа к изданию, поскольку редактор оказывается перед выбором: предоставить читателю право самому разгадывать загадки набоковской прозы или же сопроводить издание развернутым справочно-пояснительным аппаратом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Романовская О.Е. Принципы повествования в рассказах В. Набокова: дис. … канд. филол. наук. – Астрахань, 2003. – 187 с.

2. Сверчкова А.В. Своеобразие и эволюция стиля В. Набокова (на материале сборников «Возвращение Чорба», «Соглядатай», «Весна в Фиальте»): автореф. дис. … канд. филол. наук. – Екатеринбург, 2013. – 22 с.

3. Белоусова Е.Г., Сверчкова А.В. Принципы организации хронотопа в рассказах В. Набокова 1920–1930-х годов [Электронный ресурс] // Вестник ЧелГУ. 2013. № 29 (320). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-organizatsii-hronotopa-v-rasskazah-v-nabokova-1920-1930-h-godov (дата обращения: 13.10.2018).

4. Афанасьев О.И. Музыкальные мотивы в художественном творчестве В.В. Набокова: дис. … канд. филол. наук. – Владикавказ, 2017. – 215 с.

5. Падучева Е. В. Семантические исследования: Семантика времени и вида в русском языке; семантика нарратива. – М.: Школа «Языки русской культуры», 1996. – 464 с.

6. Набоков В. Строгие суждения. М.: Колибри, 2018. – 416 с.

7. Шапиро Г. Поместив в своем тексте мириады собственных лиц. К вопросу об авторском присутствии в произведениях Набокова // Литературное обозрение. 1999. № 2. С. 30-–38.

8. Щербенок А. Деконструкция и классическая русская литература: От риторики текста к риторике истории. – М.: Новое литературное обозрение, 2005. – 232 с.

UDC 81’33

R.R. Voyshev, N.G. Fersman
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

WEB ANALYSIS OF ONLINE RETAIL STORES AS A TOOL FOR MARKET RESEARCH AND CUSTOMER’S BEHAVIOR TRACKING

Introduction. Have you ever thought of the money left by people on the Internet? Nobody would argue – huge amounts of currency turn there each second. From the perspective of online businesses, there are huge marketing expenses as well. For example, the average Russian company throws about 38% of its budget to attract their clients through digital advertisement (when the advertiser pays per click on the link they left on the platform) [1]. Marketing officers are obviously dissatisfied with such results and always expect armies of, so called, “warmed” customers for that huge amount of money spent on ad-campaigns. However, they usually do not receive the sufficient number of sales. And this research offers a method of optimization of marketing budget of on-line retail stores by using web-analysis implements.

Web analysis itself includes processes of data collection and tracks visitors’ interactions with a website by recording proper information into server log. Nevertheless, it is not only used for web

traffic measurement but is also applied as a tool of market research to increase a website conversion [2]. This aspect of web analysis is the core focus of this work.

Methodology. The theoretical side of this research is accomplished using the literature available on online libraries and the other thematic articles. Empirically, the author of this thesis operates with his own online-retail practical experience, which will be decomposed further. The results of research are documented in graphs below.

Objective and tasks

The main objective of this research is to obtain the new algorithm of web traffic analyzing with a purpose of target audience research and extracting as much information as constraints allow about visitors of an internet store.

To pursue the main purpose, the objective is divided into several tasks:

1. Choice of product assortment, which will be displayed at an on-line store.

Woolen shoes (fig. 1) wholesale were chosen as a niche to be explored. The reason for this choice is that such product has divertive audience and widespread demand around Russian community of stakeholders of small businesses. The supplier was found as well. This production-oriented business unit was well-known for the quality of their products, which appeared to be the competitive advantage amongst the market.

Fig. 1. Product line

2. Design and launch of website prototype http://valenki39.ukit.me/.

Secondly, there was a dilemma, which format of website to select. Landing page was the one to more conveniently work with because of its simplicity in creation and high usability. Ukit.com (fig. 2) was chosen as the design platform. Before creation, the author used benchmarking technology to analyze competitors, differentiate from them and outline beating moments.

3. Setting of context advertisement campaign.

Firstly, it is crucial to mention that Yandex.Direct was chosen as an advertisement area. Also, Yandex.Metrica was used to track visitors' behavior, collect data and define the proper metrics. Technically, when ordering such kind of service, the website owner allows system to set the back-end code for information gathering and analysis: for example, it gives analyst the access to click and scroll map, webvisor and other useful demonstrative images [3].

4. Analysis of results of the ad-campaign resounds.

After a taken period of time, the interest of analyst is the report that displays age, sex, location and other info about the customers. This diagram will be useful to target into such groups of customers. Then the analyst should examine the click map, which contains each visitor's website journey. This information allows to track visitors' behavior and increase the usability of given

website. Scroll map shows the customers' maintenance and interest while scrolling the page down [4].

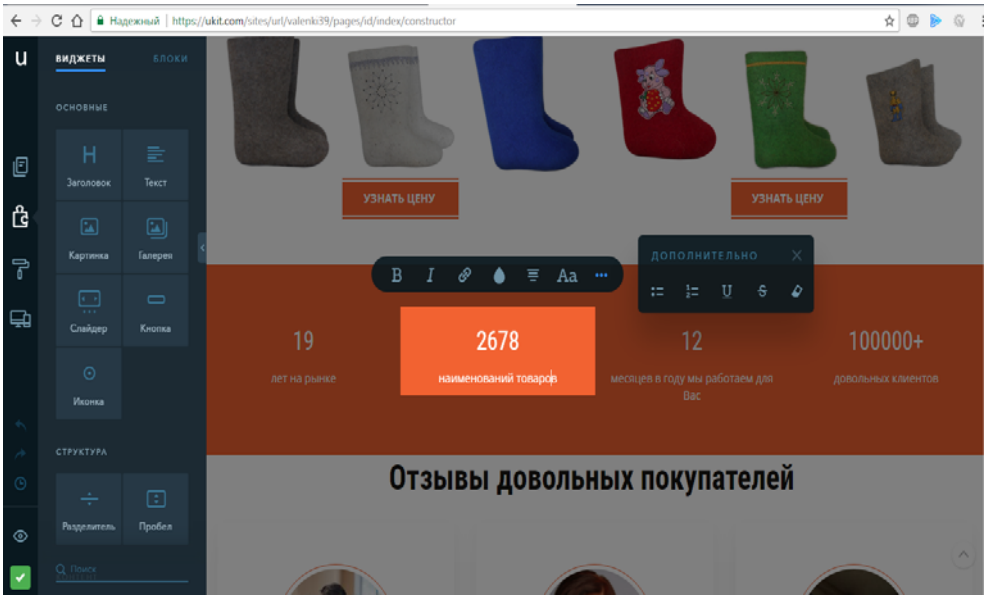


Fig. 1. Design process screenshot

Findings & Analysis. Column diagram (fig. 3) tells us that target audience of taken online store is people from 25 to 54 years old. The concentration of groups, divided by 10 years, slightly differ from each other and one contains approximately 22–26% of the entire number of visitors. Therefore, the author unifies this segment of people and classifies them as potential highly interested customers.

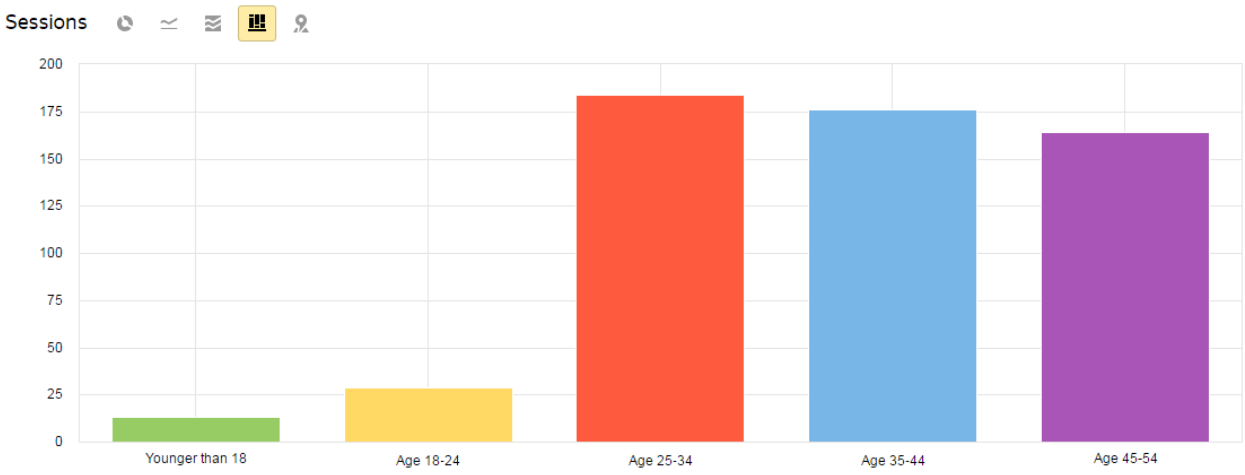


Fig. 3. Age report

Pie chart (fig. 4) reports that female visitors are inclined to be twice more keen on woolen shoes business. Concerning this information, the portrait of potential client becomes clarified with gender characteristic.

The map (fig. 5) itself provides us with such information as demand density and number of visitors from each region. It is crucial to know customers' location for offering the leading service. Thus, it simplifies optimization of supply chain and improvement of online presence strategy to distribute your products through target local forums and websites. Moreover, this image tells us that Siberian part of Russia have necessity in taken product. Having attention to the western part, there

are a couple of economically developed regions: Moscow and Leningrad Oblast. By missing these strategically important areas, the stakeholder of online store would miss a massive piece of the demand pie. An unordinary part here is the far eastern and western edges of the country. They seem to show the least demand in the woolen shoes.

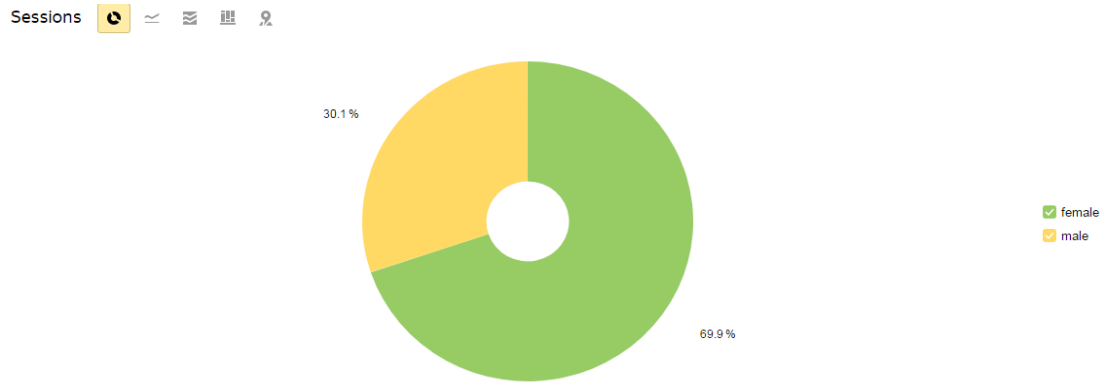


Fig. 4. Gender report

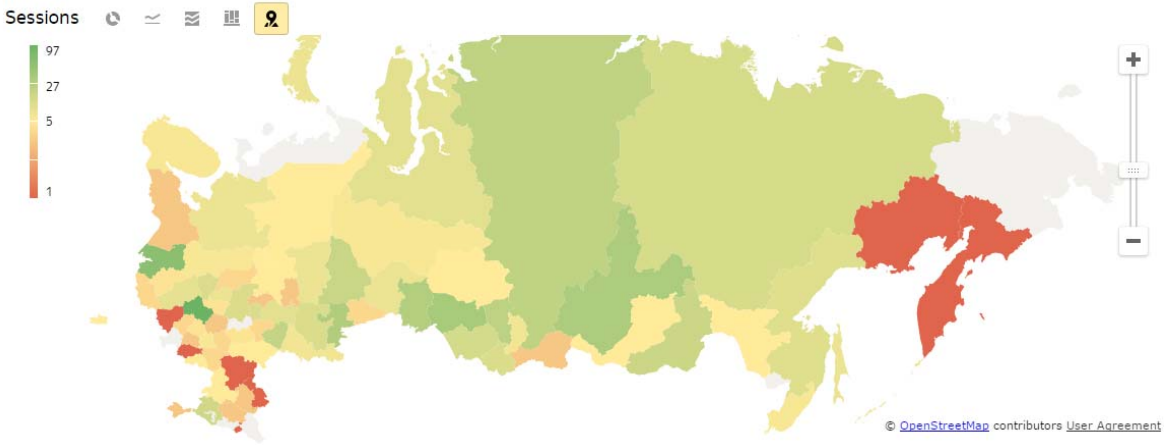


Fig. 5. Geographic report

Click map is a usability indicator representing the visitors' click density. This data allows us to recognize weak places of our website and add some valuable links to make users' experience better and more convenient. Concerning given example, we see that menu contains the most clickable part, called "wholesale conditions".

Summary. First of all, the main outcome of this research is the portrait of target customer, which is a business interested 25–54 woman from preferably East-Siberian, but also central part of Russia. Secondly, the analyst has the instructions of website optimization. To summarize the entire work, it was proved that web analysis can be successfully used as a method of market and customer behavior research. It provides symbiosis of data collection tools to both improve usability of websites and to study and seek for the target audience of one's niche. Therefore, it comes inarguable that setting up such services into online stores has powerful informational and technical effect. Moreover, such analysis process has visible perspective of automation. Personally, the author of this article decidedly recommends this method as information wealthy and worth to be integrated into e-trading businesses, especially online stores.

LITERATURE:

1. Юлия Топольская. Российские рекламодатели более трети бюджетов тратят на диджитал. 01.11.2017. – URL: http://www.sostav.ru/publication/rossijskie-reklamodateli-bolee-treti-byudzhetov-tratyat-na-didzhital-29002.html (appellation date: 12.10.2018).

2. Wikipedia the Free Encyclopedia. Web-analytics. Multiple authors. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Web_analytics/ (appellation date: 13.10.2018).
3. Yandex.Direct directory. – URL: https://yandex.ru/support/direct/ (appellation date: 14.10.2018).
4. Yandex.Metrica support. – URL: https://yandex.com/support/metrica/ (appellation date: 14.10.2018).

УДК 159.9.075

Н.А. Филиппова, В.Л. Леонтьева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КИБЕРСПОРТСМЕН ГЛАЗАМИ PR-СПЕЦИАЛИСТА

Введение. Стереотип о киберспортсменах, как людях, далеких от реальности, асоциальных изгоях, не позволяет большинству взглянуть на эту сферу под другим углом. Однако киберспорт сегодня – это такая же область спорта, как и традиционный, в ней есть место любителям и профессионалам, бизнесу и шоу, в ней свои законы, свои правила, своя система ценностей [1]. Как и в классическом спорте, лицом киберспорта является непосредственно сам игрок – и необходимой частью его карьеры является личный имидж, как и у профессиональных спортсменов.

Актуальность данной работы обуславливается тем, что в настоящее время киберспорт является настоящим феноменом, который становится в один ряд с футболом, хоккеем или баскетболом. С растущей популярностью киберспорта свою аудиторию и известность набирают и сами игроки – их публикуют на обложках журналов и предлагают роль амбассадоров крупных брендов [2]. От большого киберспорта не отстает и студенческий – студенты-игроки могут легко привлекать новую аудиторию своему университету с таким же успехом, как и профессиональный игрок своей аудитории. Имидж играет важную роль в продвижении личности, и на основе исследования восприятия киберспортсмена студентами, можно составить грамотную стратегию развития, которая принесет наибольший успех.

Целью является анализ образа киберспортсмена среди студентов направления «Реклама и связи с общественностью».

Имидж – это восприятие индивидуальности человека, осознание его специфических черт, особенностей, он влияет на привлекательность личности. Спорт не является исключением. Имидж спортсмена помогает сделать карьеру, достичь высоких результатов, а в дальнейшем – найти свое место и снискать уважение в обществе.

Имидж – многофакторный феномен. Его специфичность проявляется в том, что он существует вне зависимости от усилий самого спортсмена, и, следовательно, нуждается в постоянной оценке и коррекции. При построении имиджа необходимо учитывать не только параметры основной деятельности человека, но и многочисленные составляющие его образа. Имидж – это сложившийся в массовом сознании и имеющий характер стереотипа эмоционально-окрашенный образ кого-либо или чего-либо. У представителей каждого вида спорта свои наборы штампов и стереотипов, которые существуют уже долгое время.

Киберспорт, как очень молодое явление, также имеет свои стереотипные образы, которые возникают на почве устаревших представлениях о геймерах – людях, которые большую часть своего времени уделяют любым играм, а также из-за того, что данная сфера, ввиду своей новизны, неизвестна большинству обывателей.«Молодость» киберспорта не слишком хорошо сказывается и с другой стороны – многие игроки и даже целые организации не слишком заботятся о своем имидже и внешнем PR, вследствие чего возникают крайне неприятные ситуации, которые пагубно влияют на карьеру и прочие факторы. Также стоит учесть тот факт, что киберспорт существует целиком в медиа-сфере, поэтому скорость распространения информации просто огромная – случайно брошенная

резонансная фраза игроком на трансляции уже через час или меньше будет на первых полосах профильных СМИ [3].

Говоря о развитии студенческого киберспорта, стоит учитывать опыт большой сцены, чтобы студент был готов к продолжению карьеры вне стен университета и не совершал ошибок своих старших коллег. Также он может служить инструментом для продвижения самого университета среди студентов и абитуриентов, в том числе магистратуры и аспирантуры. По данным M19 Agency [4], основу киберспортивной аудитории составляет молодое поколение: 54% – молодые люди в возрасте от 18 до 25 лет. Достучаться до нее посредством «традиционных» рекламных каналов сложно. Посредством укрепления бренда университета в студенческих лигах, можно добраться до труднодоступных каналов информации. Для того чтобы студенты-игроки смогли грамотно позиционировать себя на студенческой сцене, необходимо изучить, как образ киберспортсмена воспринимается учащимися. Это поможет убрать негативные моменты и сделать акценты на положительных.

Перед началом работы с киберспортсменом, PR-специалисту или имиджмейкеру необходимо четко понимать, с кем ему предстоит сотрудничать. Киберспортсмен все-таки имеет существенные отличия от спортсмена в классическом понимании [5], и необходимо четко понимать все положительные и отрицательные стороны в восприятии образа аудиторией. «Молодость» киберспорта сказывается даже здесь – специалисты, связанные с имиджем, не так часто встречаются в этой сфере, поэтому их знания могут быть не совсем корректными.

На основе вышеописанного можно выдвинуть следующую гипотезу: даже студенты-PR-специалисты имеют некорректное представление о киберспорте и киберспортсменах, несмотря на то, что входят в основную возрастную часть (18-25 лет) и по профессиональным качествам обязаны иметь представление о новейших трендах, в которые входит киберспорт (по данным компании PwC, киберспорт опередил футбол по потенциалу роста [6]).

Для опровержения или доказательства данной гипотезы было опрошено осенью 2018 года было проведено исследование, в котором приняли участие 172 студента 1–4 курсов кафедры «Реклама и связи с общественностью» СПбПУ. Респондентам предлагалось подобрать ассоциативное изображение на слово-стимул «киберспортсмен», не содержащие изображение человека.

Таблица 1. Биполярные шкалы Осгуда

Положительная шкала	**Отрицательная шкала**	**Трактовка**
Единый	Дискретный	Объединение, сопричастность к обществу
Сильный	Слабый	Успех, лидерство, достижения
Безопасный	Опасный	Отсутствие угрозы для жизни и здоровья
Счастливый	Несчастный	Самореализация, принятие обществом
Активный	Пассивный	Готовность к действиям, образ жизни
Таинственный	Обычный	Индивидуальность
Сложный	Простой	Соответствие новым тенденциям, технологиям
Конкретный	Абстрактный	Связь с внешним миром, инфантильность, жизнь в виртуальной реальности

Эта идеология соответствует технике извлечения метафор Зальтмана (ZMET). Ее основная суть – извлечение из бессознательного метафорических образов, которые

оказывают влияние на осмысление входящей информации. Как правило, они проявляются в поверхностных метафорах. При анализе необходимо было определить отношение респондента к триггеру одним словом, которое повторялось больше всего в описании изображения, или занимало большую часть изображения. Слова были сгруппированы в общие категории. В результате анализа получилось 16 категорий, представляющих собой 8 биполярных шкал (см. табл. 1).

Эти шкалы отражают измерения семантического дифференциала Осгуда: оценка, сила, активность. Семантический дифференциал выявляет прежде всего эмоциональную оценку качеств объекта. Большинство бессознательных оценок, установок и отношений можно выявить с помощью семантического шкалирования. Шкалирование предполагает, что, помещая стимульный объект на положительный полюс фактора Оценка, субъект выражает свое удовольствие этим объектом; помещая его на положительный полюс фактора Сила, субъект испытывает «напряжение», выражает статическое усилие, связанное с репрезентируемым объектом; помещая объект на положительный полюс фактора Активность, субъект испытывает «возбуждение», т.е. подготавливается к быстрым действиям при встрече с динамичным объектом [7].

В табл. 2 представлены 8 выделенных биполярных шкал, распределенные по трем измерениям семантического дифференциала Ч. Осгуда. В табл. 3 отражены этапы обработки ответов респондентов.

Таблица 2. Шкалы в отношении семантического дифференциала

Измерение семантического дифференциала	**Шкала**	
	Положительный полюс	**Отрицательный полюс**
Сила	Сильный	Слабый
Сила	Счастливый	Несчастный
Сила	Безопасный	Страшный
Оценка	Таинственный	Обычный
Оценка	Единый	Дискретный
Оценка	Сложный	Простой
Активность	Конкретный	Абстрактный
Активность	Активный	Пассивный

Таблица 3. Обработка ответов респондентов

Первичная шкала	**Ответы (полож. полюс, кол-во)**		**Измерение семантического диф-ла.**	**Ответы (отр. полюс, кол-во)**		**Первичная шкала**
Сильный	18	21	Сила	11	1	Слабый
Счастливый	3				0	Несчастный
Безопасный	0				10	Страшный
Таинственный	18	62	Оценка	15	2	Обычный
Единый	12				7	Дискретный
Сложный	32				6	Простой
Конкретный	10	18	Активность	45	45	Абстрактный
Активный	8				0	Пассивный

По табл. 3 и рис. 1, 2 видно, что наиболее значимым при оценке образа киберспортсмена является положительный полюс измерения «оценка» (шкала «сложный», 19% ответов респондентов).

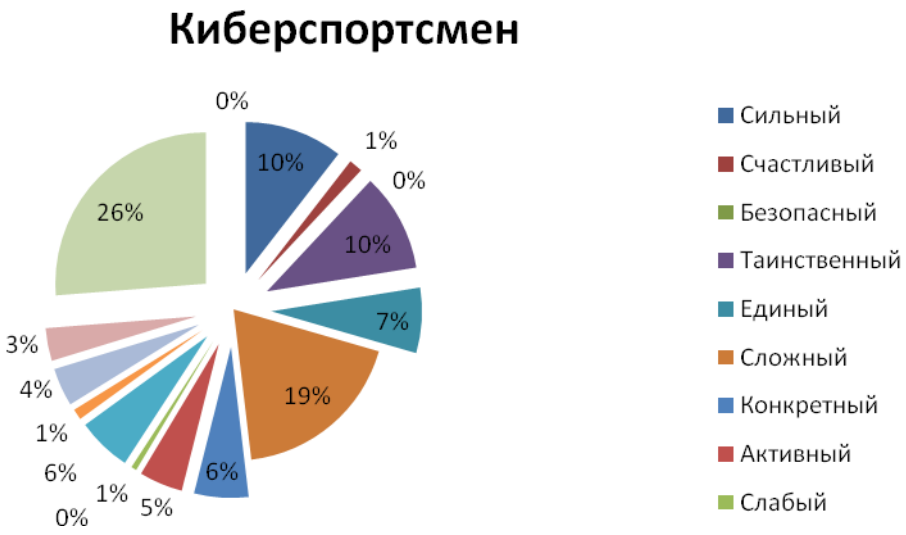


Рис. 1. Отношение к киберспортсмену (первичные шкалы исследования)

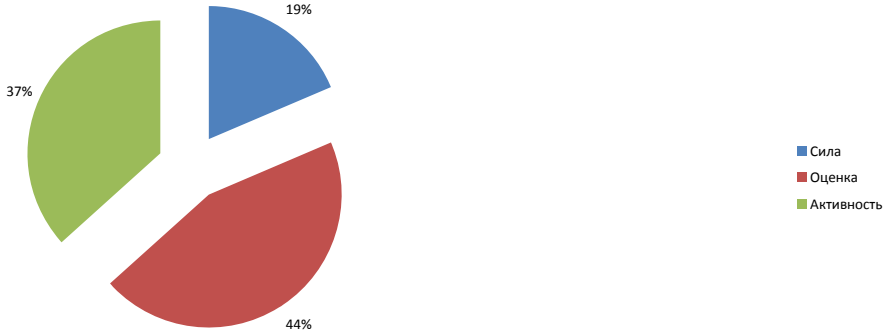


Рис. 2. Отношение к киберспортсмену (вторичные шкалы исследования)

Также ярко выражены показатели отрицательного полюса измерения «активность» (шкала «абстрактный» – 26%). На третьем месте – измерение «сила» (шкала «сильный», 10% ответов респондентов). Из этого можно сделать вывод о том, что киберспортсмен воспринимается как человек, окруженный и пользующий новыми технологиями и тенденциями, при этом шкала «абстрактный» говорит нам о том, что он оторван от реальности – игрок «живет» в своей игровой реальности и оторван от внешнего мира.

Также от киберспортсмена ожидают побед и успехов – об этом говорит шкала «сильный». Во внимание необходимо взять еще и то, что шкала «страшный» набрала 6%, а «безопасный» 0% – это подтверждает гипотезу о том, что даже у студентов направления «Реклама и связи с общественностью» существует стереотип, что киберспортсмены подвержены игровой зависимости, которая может нанести вред здоровью, что отсылает нас к тому, что их восприятие не совсем корректное.

Стоит обратить внимание на соотношения отрицательных и положительных шкал – 101 ответов относится к положительной, а 71 ответ к отрицательной. Несмотря на то, что положительные ответы превалируют над отрицательными, последних все еще много, и над этим стоит работать.

Направление дальнейших усилий по популяризации киберспорта и имиджированию образа киберспортсмена предполагается в тесном сотрудничестве с соответствующим клубом СПбПУ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. L. Roland. Good Luck Have Fun: The Rise of eSports. Skyhorse Publishing, 2016.

2. Позднышев Е.В. Имидж спортсмена. – Киев: ЧПП, 2002. – 140 с.
3. Z. Andrejkovics. The Invisible Game: Mindset of a Winning Team (eSports & Competitive Gaming, Dota 2, League of Legends, CS: GO). Create Space Independent Publishing Platform, 2016.
4. Бунин Ю. Виды рекламных интеграций в киберспорт: разбираем варианты [Электронный ресурс] // Cossa.Ru – маркетинг в социальных медиа. – URL: https://www.cossa.ru/trends/215230/. – (дата обращения: 08.10.18).
5. Противоречие последних лет или киберспорт как новое явление в индустрии развлечений [Электронный ресурс] // Хабр. – URL: https://habr.com/post/228201/. – (дата обращения: 08.10.18).
6. Из обороны в контратаку. Опрос представителей спортивной индустрии [Электронный ресурс] // PwC Россия. – URL: https://www.pwc.ru/ru/sports/pwc_sports_2018.pdf. – (дата обращения: 19.10.18).
7. Шелестюк Е. Семантический дифференциал как способ выявления внушающего воздействия текстов // Языковое бытие человека и этноса: когнитивный и психолингвистический аспекты. Материалы Международной школы-семинара (V Березинские чтения). – 2009. – № 15. – С. 329–333.

УДК 659

Ю.М. Коблякова, И.Р. Тростинская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О КОММУНИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ НАУЧНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ В ОНЛАЙН-ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ СПбПУ)

Введение. В настоящее время в отношении развития медиаполя российской науки можно выделить такую общую тенденцию, как рост уровня коммуникационной активности, который сопровождается устойчивым возрастанием количественных показателей и качественных улучшений медиаполя, стремлением к развитию собственных медиаресурсов среди научно-образовательных учреждений, которые могли бы позволить более быстро и эффективно выходить на массовую аудиторию, а также рост количества содержательных новостей о конкретных научных достижениях и числа категорий пользователей научной информации [1].

Потребителями такой информации являются следующие группы целевой аудитории:

1. сами представители научного сообщества (как отдельные ученые, так и различные организации и структуры – НИИ, ВУЗы и т.д.);
2. потенциальные организации-партнеры и спонсоры;
3. потенциальные сотрудники таких организаций;
4. потенциальные и текущие студенты ВУЗов;
5. СМИ;
6. рядовые пользователи Интернет.

Для всех перечисленных групп целевой аудитории в той или иной мере важна популяризация науки. Цель такого интереса для каждой группы, разумеется, своя. Научные сообщества, организации и вузы ищут способы сотрудничества, новые контакты, возможности работы над совместными проектами, талантливые кадры, а также они могут использовать этот инструмент в качестве способов повышения своей узнаваемости. Потенциальные спонсоры хотят как получить прибыль, изменить репутацию, так и стать частью социально значимых изменений. Студентов и потенциальных сотрудников интересуют возможности и перспективы, СМИ – громкие инфоповоды.

Актуальность. Но в то же время многие из представителей вузов отмечают незначительное «развитие инициатив, направленных на поощрение коммуникационной активности своих сотрудников и создание образовательных возможностей в сфере научной коммуникации» [1]. Такой важной области, как популяризация науки, научной деятельности и ее результатов, научным коммуникациям уделяется недостаточно внимания.

Под коммуникационной активностью принято понимать активность субъектов, возникающую в процесс непосредственной или опосредованной (косвенной) их коммуникации. Посредством СМИ такая активность создает субъекту коммуникаций условия для его адекватного функционирования [2].

Методы исследования: мониторинг и анализ источников и СМИ, сравнительный анализ, контент-анализ официальных веб-сайтов и интернет-ресурсов.

Цель исследования: исследование коммуникационной активности научного подразделения СПбПУ – Лаборатории квантовой оптики и квантовой информатики (далее – Лаборатория).

Задачи исследования: изучить, описать и проанализировать актуальное состояние и деятельность Лаборатории, ее представление в сети Интернет; сформулировать выводы и предложить рекомендации по повышению коммуникационной активности Лаборатории.

Гипотезой стало следующее: продвижение в онлайн-пространстве позволит повысить уровень коммуникационной активности Лаборатории.

Лаборатория функционирует на базе кафедры «Теоретическая физика» института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций (далее – ИФНиТ) СПбПУ [3].

ИФНиТ является первым институтом СПбПУ по числу публикаций в ведущих мировых журналах и лидером по числу цитирований опубликованных научных результатов. Безусловно, коммуникационная активность сегодня важна для любого научного подразделения и, в частности, для Лаборатории.

Был проведен SWOT-анализ для Лаборатории, отражающий внутренние (сильные и слабые стороны) и внешние (возможности и угрозы) факторы и особенности.

Результаты.

Среди сильных сторон в ходе анализа были выявлены следующие аспекты: актуальность для современной науки направлений исследований и разработок научной группы; состоящий из высококвалифицированных исследователей научный штат; наличие четырех специализированных курсов обучения; представленные дидактические материалы (презентации, конспекты, книги, ссылки) являются информативными и полезными для заинтересованных пользователей; функционирование Лаборатории на базе крупного технического вуза (СПбПУ), на базе одного из лидирующих институтов СПбПУ по числу публикаций в ведущих мировых журналах и по числу цитирований опубликованных научных результатов; информационная наполненность сайта; наличие устойчивых коммуникационных связей, опыта сотрудничества с несколькими аналогичными лабораториями; активность Лаборатории на крупных международных конференциях; публикация статей в крупнейших изданиях; получение стипендий, грантов и поддержки от крупных фондов и структур и значительный объем государственного финансирования научных работ [4, 5].

В ряде слабых сторон, влияющих на деятельность рассматриваемого объекта анализа, стоит отметить то, что сайт Лаборатории существует только на английском языке; наличие описания четырех специализированных курсов обучения только на русском языке; отсутствует единообразие в представлении дидактических материалов (частично на русском, частично на английском языках); количество публикаций сотрудников Лаборатории имеет тенденцию к уменьшению в последние несколько лет; сайт Лаборатории имеет слишком простую структуру, на нем не хватает более интерактивных разделов (пост-релизы о прошедших мероприятиях, разделы с фотографиями, раздел с описанием и визуализацией проектов, раздел блога); Лаборатория не представлена в популярных социальных сетях и платформах (Facebook, Instagram, YouTube, вКонтакте); отсутствуют упоминания о Лаборатории в каких-либо новостных и прочих информационных источниках; отсутствует рекламная и пиар-деятельность.

Анализ внешних факторов и особенностей, способных негативно сказаться на

деятельности Лаборатории, т.е. угроз и ограничений, позволил выявить следующее: возможное решение проблем и вопросов, которыми занимается Лаборатория, другими группами ученых и исследователей; конъюнктурные изменения отрасли: снижение интереса к исследуемым вопросам, возникновение потребности в специалистах другого профиля, направления, перенасыщение рынка специалистами в данной области; отток лучших и перспективных потенциальных (или текущих) кадров в другие структуры России и мира (повышение конкуренции на рынке); снижение доли государственного финансирования; более активное присутствие в сети Интернет конкурентов.

А среди внешних возможностей, которые могут оказать позитивное влияние, были выделены такие аспекты, как повышение заинтересованности государства, других вузов, организаций, лабораторий и прочих структур (в том числе зарубежных) в совместных проектах и исследованиях; увеличение доли государственного финансирования; возрастающая необходимость разрешения исследуемых проблем; приток новых высококвалифицированных кадров; расширение сотрудничества с имеющимися и потенциальными стратегическими партнерами.

Обобщая выявленные внутренние и внешние факторы и особенности деятельности Лаборатории, мы можем сказать, что проведенное исследование позволило, с одной стороны, выявить наличие устойчивых коммуникационных связей, перспективных исследований, высококвалифицированного научного штата и множество других преимуществ. Но, с другой стороны, имея определенную нишу в научной среде, ограниченную коммуникационной активностью, направленной на узкую группу целевой аудитории, сайт, функционирующий исключительно на английском языке, Лаборатория имеет известность лишь в определенных научных кругах: не наблюдается активности в сообществах в социальных сетях, на платформах, где обсуждаются научные проблемы, ведутся дискуссии между учеными. Также официальный сайт имеет достаточно простую структуру: не хватает интерактивных разделов. Кроме того, отсутствуют упоминания о Лаборатории в новостных и прочих информационных источниках, отсутствует рекламная и пиар-деятельность. Также важно отметить, что, не смотря на ежегодно выходящие публикации в русскоязычных и англоязычных источниках, динамика этих публикаций вызывает опасения: их число не увеличивается, а в некоторые временные периоды даже существенно сокращается.

Кроме того, проведенный анализ позволил выявить факторы, которые впоследствии могут оказать как положительное, так и негативное воздействие. К таковым можно отнести детерминанты, касающиеся изменения уровня конкуренции на рынке, потенциальных и текущих кадров, различных конъюнктурных изменений отрасли, изменений в ту или иную сторону государственного финансирования, уровня активности и присутствия в сети Интернет конкурентов, изменения заинтересованности государства, других вузов, организаций, лабораторий и прочих структур в совместных проектах и исследованиях и тенденций в области сотрудничества с имеющимися и потенциальными стратегическими партнерами,

Что касается маркетинговой и рекламной политики Лаборатории, то исследуемый объект относится к государственной структуре с ограниченным финансированием, в нем отсутствуют специализированные подразделения, занимающиеся маркетингом, проведением рекламных кампаний, имиджированием организации с использованием рекламно-информационных материалов. Необходимые маркетинговые задачи выполняются либо сотрудниками университета, занимающимися маркетинговой деятельностью по университету в целом, либо рядовыми сотрудниками рассматриваемого подразделения в их свободное от основных рабочих задач время. Но маркетинговая и пиар активность Лаборатории очень низкая.

Степень рекламной активности конкурентов можно оценить как среднюю. Если рассматривать подобные структуры, созданные на базе государственных учреждений, то

ситуация аналогична. Коммерческие структуры-конкуренты обычно более активно используют маркетинговую деятельность, во многих из них присутствуют специализированные подразделения для реализации этих задач.

Было рассмотрено представление в сети Интернет двух научных структур, осуществляющих свою деятельность в той же области, что и рассматриваемая нами Лаборатория, – российской Лаборатории квантовой теории информации при МФТИ и зарубежной Квантовой лаборатории университета Ла Сапиенца в Риме.

В процессе анализа официальных сайтов рассматриваемых структур было выявлено, что сайт первой из них содержит большее количество разделов, чем сайт Лаборатории при СПбПУ, освещает больше информации о проектах, новостях, семинарах. У лаборатории есть социальные сети и ссылки на них. Также мы можем видеть большее количество контактов, способов связи с представителями структуры (на сайте рассматриваемой Лаборатории есть только электронная почта ее руководителя). Сайт второй лаборатории одного из университетов Рима отличается ярким и уже более сложным дизайном, он более интерактивный, информативный и интересный. Здесь мы видим большое количество разделов, статей, регулярно публикующиеся новости.

Таким образом. справедливо сказать, что сайты этих двух структур-конкурентов более информативные и их юзабилити выше [6, 7].

Анализ поисковых запросов в системе Wordstat поисковой сети Яндекс показал, что пользователи не запрашивают информацию, связанную с Лабораторией, ее деятельностью. Также проанализированы пять первых страниц поисковой выдачи по запросам, связанным с Лабораторией (на русском языке), и помимо самого сайта Лаборатории и страницы Лаборатории на сайте «Политех: наука и инновации», обнаружен только один релевантный ответ – упоминание о лаборатории и ее руководителе на официальном сайте Российского квантового центра в разделе «Внешние исследователи», т.е. в поисковой системе отсутствуют какие-либо упоминания о Лаборатории на русском языке (кроме упомянутых выше) на новостных и специализированных сайтах, сайтах научных конференций, симпозиумов и прочих национальных и международных мероприятий.

Аналогичный анализ поискового запроса на английском языке показал более удовлетворительный результат: помимо описанных выше официальных источников, где Лаборатория упоминается на русском языке, также есть упоминания о Лаборатории на сайтах «Pageinsider» и «informer.com», оказавшихся агрегаторами – сайтами, где пользователь получает быстрый агрегированный обзор всего, что Интернет может оперативно рассказать о заданном сайте (домене), включая его ежедневных посетителей, статус безопасности и многое другое, т.е. назвать указанные выше источники релевантными затруднительно.

Поиск на официальном сайте СПбПУ и на сайте СПбПУ «Политех: Наука и инновации» показал отсутствие упоминания в новостных и других публикациях информации о Лаборатории. Аналогичен поиск по новостной ленте в группе «Наука в Политехническом» в социальной сети «вКонтакте».

Выводы.

Таким образом, проведенный анализ показал, что Лаборатория имеет необходимые ресурсы и перспективы для своего дальнейшего успешного развития – высококвалифицированные кадры, актуальные исследования и разработки, высокая публикационная активность, устоявшиеся связи с известными иностранными партнерами, поддержка фондов, объемы государственного финансирования и многое другое. Но не смотря на все вышеуказанные аспекты уровень ее коммуникационной активности является невысоким.

Рекомендуемым на данный момент для Лаборатории является усовершенствование и расширение своего представления в сети Интернет, своего коммуникационного поля

(доработка официального сайта, появление в социальных сетях и платформах, научных форумах и сообществах, в новостном разделе сайтов СПбПУ), организация рекламной и пиар-активностей и, по возможности, проведения специальных тематических мероприятий в соответствии с крупными инфоповодами, такими как столетний юбилей лаборатории, юбилей СПбПУ и т.д.

Несмотря на то, что в процессе анализа мы и пришли к выводу, что вероятнее всего для Лаборатории расширение своего представления в онлайн-пространстве не способно дать существенных преимуществ в плане привлечения своей целевой аудитории, но даже академически себя позиционирующая научная структура может успешно участвовать в специальных мероприятиях или стать их организатором, продвигая именно ценность научного знания.

Продвижение в онлайн-пространстве позволит повысить коммуникационную активность Лаборатории в целом, даже если задачу популяризировать себя и свою деятельность в таковом Лаборатория не ставит.

На сегодня справедливо отметить, что коммуникационная активность Лаборатории недостаточно высокая по отношению к ее возможностям.

Мы может утверждать, что поставленная в ходе исследования гипотеза подтвердилась частично: в виду специфики целевой аудитории, предложенные способы повышения коммуникационной активности имеют свои ограничения, причем ограничения априорные. Вот почему использовать предложенные виды коммуникационных активностей разумно лишь как дополнительный канал, который для научной среды не будет иметь решающее значение. Целью такого использования может стать привлечение общественности, формирование репутации и имиджа, а также влияние на социальную ответственность.

Очевидно, что в самом научном сообществе Лаборатория хорошо известна, но на более широком рынке, для различных категорий пользователей научной информации – нет. Поэтому расширение коммуникационного поля Лаборатории в онлайн-пространстве может способствовать продвижению ценности самой науки как таковой.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Динамика развития отрасли научных коммуникаций в России. Исследование отрасли научных коммуникаций: [Электронный ресурс] // Коммуникационная лаборатория. – Режим доступа: http://www.rvc.ru/upload/iblock/637/Issledovaniye_dinamiki_2016-2017.pdf (дата обращения: 10.10.2018).

2. Коверзнева И.А. Психология активности и поведения: учебн.-метод. комплекс / авт.-сост. И.А. Коверзнева. – Минск: изд-во МИУ, 2010. – 316 с.

3. Лаборатория квантовой оптики и квантовой информатики: [Электронный ресурс] // Политех: наука и инновации – Режим доступа: https://research.spbstu.ru/labs/quantum_optics_informatics_lab/ (дата обращения: 07.10.2018).

4. Лаборатория квантовой оптики и квантовой информатики: [Электронный ресурс] // Официальный сайт Лаборатории квантовой оптики и квантовой информатики. – Режим доступа: http://theorphys-lab.spbstu.ru (дата обращения: 07.10.2018).

5. Направления научных исследований: [Электронный ресурс]// Политех: институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. – Режим доступа: https://phnt.spbstu.ru/napravleniya_nauchnuh_issledovaniy/ (дата обращения: 07.10.2018).

6. Лаборатории квантовой теории информации – МФТИ [Электронный ресурс] // Московский физико-технический институт (государственный университет). – Режим доступа: https://mipt.ru/science/labs/QIT-lab/ (дата обращения: 08.10.2018).

7. Quantum Information Lab: [Электронный ресурс] // Quantum Information Lab, University of Rome La Sapienza. – Режим доступа: http://www.quantumlab.it (дата обращения: 08.10.2018).

УДК 395.6

V.V. Panovkina, A.L. Riabova
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

THE ROLE OF CHINESE SOFT POWER AND THE GLOBALIZATION TENDENCIES (XXI CENTURY)

Each one of 7,000 languages human beings speak carries a glorious culture with it, and many educators have had their lives enriched by contact with the diversity of cultures and languages. The actuality of this work is connected with the growing influence of People's Republic of China in the modern world. China with its large population, strong economic growth, long history and, of course, its ancient culture and traditions uses different methods to strengthen its positions in the world.

So called "soft-power" is one of the main methods that improves the country's cultural influence in different parts of the world. The dissemination of Chinese culture and Chinese language is one of the key elements of public diplomacy. Chinese government has opened Cultural Institutes in such countries as the US, Russian Federation, countries of the United Nations, South Korea, Australia, Africa, Pakistan, Philippines and many others. It has to be mentioned that nowadays more and more people are becoming interested in studying Chinese language and Chinese culture, so the popularity of these Institutions is growing rapidly. The main question is what the reasons and consequences of active promotion and penetration of Chinese culture abroad are?

The content analysis as a research method has been used in the paper. The study is based on the works of respected scientists, whose area of investigation is connected with Chinese culture. The works of Ondrej Klimes "China's Cultural Soft Power: The Central Concept in the Early Xi Jinping Era (2012–2017)", Joshua Kurlantzick "Charm Offensive: How China's Soft Power Is Transforming the World" and Joseph S. Nye Jr. "Soft Power: The Means to Success in World Politics", and the article by Robert Delaney "How America's embrace of Chinese culture boosts Beijing's soft power" that was published in the South China Morning Post and «Charm offensive: The way China influences the world» by Irina Sukhoparova published in Russia Today have been chosen as the sources of reference as well as the information from the official website of Confucius Institute Headquarters .

The purpose of this work is to reveal the origin of Chinese soft power success and to find out the directions of Chinese cultural dissemination. In order to achieve the goal the following tasks have been set:

1. To view the main ways of the cultural promotion.
2. To consider the benefits and consequence of the cultural and language penetration.
3. To discuss the reasons for the growing popularity of Chinese language and culture.

It has been acknowledged that China has become one of the major actors in international relations, that is why the cultural exchanges with other countries have increased as well. In different parts of the world the very image of China has changed. In fact, this is the result of the successful conduction of foreign policy in which the concept of soft power plays the crucial role [1].

At the end of the last century American political scientist Joseph Nye, explained the idea of soft power: «The soft power is the ability to get what you want through attraction rather than coercion or payments». When it comes to soft power, there is different type of currency; not force nor money, but culture and political values [2].

It is known that since the ancient times China has always adhered to the non-aggression principle and nowadays the concept of soft power is still the basic guideline for conducting foreign policy.

The penetration of Chinese culture, as a matter of fact, is the natural process, that responds to the changes in the world arena. The increasing interest in Chinese culture and Chinese language is the result of the growing China's influence and vice versa.

It is generally recognized that the knowledge of foreign languages is a key to success in the modern world. As China's relations with countries all over the world are developing rapidly, the necessity of learning Chinese language is really strong. Chinese government provides such an opportunity to those who are interested in gaining more opportunities. In 2004 China began to establish Confucius Institutes and Confucius classrooms. Confucius Institute is China's government-funded public institution. Its purpose is to promote Chinese language and culture abroad. It is considered to be a bridge between China and the rest of the world. The Institutions are created at schools and leading universities of different countries from the Republic of Korea to the USA, from Russia to Australia. It is important to pay attention to the fact that these countries are China's partners. Only in the last two years 14 Institutes and 40 Confucius classrooms have been set up in the counties all over the world. According to official website, nowadays there are 548 Confucius Institutes; nearly 40% of them are located in the United States. Even in African countries, where in the early 2000's there were no schools where people could study Chinese; the number of Confucius Institutes at the present time is amounting to around 50. Together with the Chinese language classes, there are also the classes targeted at studying traditional Chinese opera, calligraphy and Chinese painting. It is quite obvious that Confucius Institutes are aimed not only to promote Chinese culture, but to create a favorable image of the country abroad [3]. And, what is more, Chinese government has signed a number of agreements with other Asian countries, for example with Thailand, in order to add Chinese language into public school's syllabi. It also provides ability for students from such countries at Cambodia to attend local Chinese-language schools. Thus, the influence of PRC and Chinese language in Asian countries is really great [1].

Learning Chinese language boosts the popularity of Chinese culture and history since language itself is closely connected with the culture of the country. A lot of young people, no matter what origin they are, get attracted by the ancient culture, traditional art, fascinated by music and literature that reflect various sides of Chinese people's everyday life in different periods of time. In fact, a great number of foreigners, who are interested in China, make a huge contribution to the spreading of Chinese language and culture.

Lots of people are currently signing up for the language courses, taking part in the Chinese proficiency test (HSK) and are willing to study in China and get their high degrees there.

At the end of the last century Chinese government launched two programs called «211 Project» and «985 Project». The main aim of the former was to improve more than 100 universities all over the country as well as to strengthen the education on the key disciplines that are essential for the development of China in social and economic spheres. The latter was aimed to promote Chinese higher education system in the world through the world-class universities in China. As a result, the number of foreign students enrolled has increased significantly: from 13,000 in 1992 to almost 300,000 in 2011 [4].

It is worth mentioning, that in the XX century the students from Southeast Asia sought to go to the US, now for many of them China is becoming a more attractive country for getting higher education. Chinese government also encourages those who are interested in Chinese cultural study and provides different kinds of scholarships, especially for students from poor countries [5].

In 2016 the president of China Xi Jinping delivered a speech at a group study session of the members of the Political Bureau of the Communist Party of China Central Committee. In the speech he emphasized the importance of building the national image of the country through the dissemination of Chinese modern values and showing the charm of Chinese culture to the world. «China should be portrayed as a civilized country featuring rich history, ethnic unity and cultural diversity, and as an oriental power with good government, developed economy, cultural prosperity, national unity and beautiful mountains and rivers» Xi Jinping said. In order to strengthen Chinese

soft power, the country needs to carry out reforms in the cultural system and improve the cultural industry. In addition, it was stressed that the history of China and its culture should be promoted through mass media; the information should be attractive and creative and focused on foreigners. Xi Jinping calls for the positive propaganda of Chinese culture and values reinforcement and to implement it with the help of school education, films, television programs and literature. And it's not only the government who can promote the culture of the country. Nongovernment actors, even those who are in business and work with foreign partners, can contribute to the building of China's global soft power. Another important step that must be taken in order to achieve this goal is to accommodate the ancient culture with today's society [6].

On account of the growth of interest in Chinese culture, many countries, especially the US, started to hold traditional Chinese holidays such as Chinese New Year and Dragon boat festival. Since last year Chinese lantern festival has been held in such big American cities as New York, Philadelphia and San Francisco as well as in European countries, for example, in France. From year to year the number of people taking part in these celebrations is increasing. Furthermore, celebrating Chinese New Year, for instance, has become an expected holiday not only for Chinese people, but also for the native residents of one country or another, that proves the recognition of Chinese traditional culture by foreigners. It should be especially pointed out that modern college and high school students have grown up with the clear Asian preferences and a lot of people show their interest in Chinese cultural events.

It is believed, that the celebration of traditional Chinese holidays can foster cultural exchanges between countries, it helps to increase people-to-people contacts and allows the process of bridging the gap among different nationalities and overcoming the biased views [4].

Another sign of growing popularity of Chinese culture is the great success of the promotion of Kunqu Opera, which is one of the oldest theatre forms and represents ancient Chinese culture. In 2001 it was put on the list of Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity by UNESCO. In recent years the promotion of Kunqu Opera has been of great success. Some theatres are trying to adapt traditional opera to contemporary society through creating new costumes and lighting design, but at the same time saving the original charm and traditional music. Such famous plays as The Peony Pavilion and The Jade Hairpin are performing in different countries. In Russia, in particular, the performances of Peking Opera Theatre of Beijing can be seen quite often. In 2017 there were a few spectacular performances on the stage of Mariinsky Theatre. This year under the aegis of the VII St. Petersburg International Cultural Forum the «The Monkey King» play was held in one of the music halls and the residents of the city could enjoy it for free.

The penetration of Chinese culture in foreign countries is an inevitable process and there are a lot of reasons for its popularity. Firstly, the popularity of cultural values is connected with the continuous rapid growth of Chinese economy and as a result the emergence of new business opportunities and challenges. Secondly, the very way Chinese government conducts foreign policy without creating enemies, but with establishing well-balanced and harmonious relations with other countries is of vital importance. China is a good example of a wise political strategy, because its forms of influence are aimed at transforming the international image of China and changing the attitude of people towards this country. In some countries it is believed that China is a more positive actor in the international relations than the United States and doesn't pose any threat to other countries. Therefore China is very attractive for many people all over the world.

It is obvious that China's government language and the cultural promotional program is of great success and it is only the beginning. There's no doubt that the goal of spreading Chinese culture and language is not only aimed to inspire people from foreign countries to broaden their horizons and learn more about China, but also to reinforce the influence of China, and Confucius Institute is one of the main tools of this policy. Furthermore, the knowledge of Chinese language and Chinese culture provides a lot of opportunities and helps to smooth out the cultural diversity, avoid contradictions between the states and what is more important - to maintain peace.

To sum up, Chinese culture in spreading all over the world very quickly. The main reason for this is the leading economic position of China in the modern world, which makes Chinese culture and language very attractive and emphasizes the relevance of their successful promotion. The results of the paper can be manifested in such ideas:

1. Chinese government promotes Chinese cultural values by strengthening its soft power and public diplomacy, for example, through establishing Confucius Institutes.
2. Cultural exchanges and cultural enrichment can be estimated as the results of Chinese cultural penetration.
3. The popularity of Chinese language and culture is closely connected with the China's global influence and its leading position in the world.

REFERENCES:

1. Kurlantzick J. Charm Offensive: How China's Soft Power Is Transforming the World. – Yale University Press, 2007. – 306 p.
2. Nye J. Jr Soft Power: The Means to Success in World Politics. – New York: Public Affairs, 2004. – 191 p.
3. Confucius Institute Headquarters [Электронный ресурс]. – URL: http://english.hanban.org (07.10.2018).
4. Irina Sukhoparova. «Charm offensive: The way China influences the world» [Электронный ресурс]. – Russia Today // URL: https://www.rt.com/op-ed/growing-chinese-soft-power-638/ (7.10.2018).
5. Robert Delaney. "How America's embrace of Chinese culture boosts Beijing's soft power" [Электронный ресурс]. – South China Morning Post // URL: https://www.scmp.com/news/china/policies-politics/article/2136901/chinese-culture-ministry-merger-works-renewed-overseas (07.10.2018).
6. Ondrej K. China's Cultural Soft Power: The Central Concept in the Early Xi Jinping Era (2012–2017).

УДК 327.8

Е.М. Заводова, С.В. Мазаник, Д.А. Мартынова
Санкт-Петербургский государственный университет

ВОПРОС ОТМЕНЫ АНТИРОССИЙСКИХ САНКЦИЙ В ПОЛИТИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРУГАХ ГЕРМАНИИ

Три пакета ограничительных мер против России, среди которых такие экономические ограничения, как запрет экспорта в Россию товаров двойного назначения, технологий для разведки и добычи углеводородов, а также запрет европейским компаниям вести свою деятельность в Крыму, были введены ЕС в связи с присоединением Крыма к РФ в 2014 году и отсутствием прогресса по реализации Комплекса мер по выполнению Минских соглашений 2015 года. Оставаясь в силе в настоящее время, антироссийские санкции вызывают интерес не только в России, но также и в Германии, крупнейшей экономике ЕС по ВВП и втором крупнейшем торговом партнёре России (по объёму торгового оборота). Среди вопросов, связанных с санкциями и активно обсуждаемых и в РФ, и в Германии, особую актуальность приобретает *возможность отмены санкций*.

Целью данного исследования является определение того, насколько вероятно ожидать определенных действий со стороны Германии по снятию, полному или частичному, антироссийских санкций. Пытаясь дать оценку перспективам полного или частичного снятия ограничительных мер, направленных против России, со стороны Германии, в мы попытаемся дать ответ на два *вопроса*:

Во-первых, от каких групп в Германии исходит / может исходить инициатива о снятии антироссийских санкций? Отвечая на этот вопрос, мы обратимся как к внутри- и межпартийной дискуссии, имеющей место среди крупнейших немецких политических партий, так и к мнениям, выражаемым представителями немецкого бизнеса.

Во-вторых, среди тех, кто выступает за снятие ограничений с России, есть ли группа или лицо, чьё влияние на настоящий момент может оказаться достаточным для смены политического курса Германии в отношении антироссийских санкций?

В данном исследовании при обработке данных СМИ и официальных документов авторы исходят из конструктивистских предпосылок, используя метод *дискурс-анализа, прогнозирования и институциональный подход*.

Мы также считаем важным проследить изменение, которое претерпевает роль России в качестве «Другого» для формирования европейской идентичности.

Раскол в партийно-политических кругах ФРГ

Вопрос об отмене или хотя бы частичном ослаблении санкций против России вызывает в Германии серьезные политические споры. Достигнутый Ангелой Меркель консенсус о снятии с России санкций только в случае полного исполнения Минских соглашений рушится [1]. Разногласия существуют не только в Бундестаге, но и в самих правительственных партиях.

Премьер-министры восточных земель выступают за отмену санкций. Райнер Хазелофф – премьер-министр земли Саксония-Анхальт, член партии ХДС – считает, что карательные меры не имели эффекта, а санкции вредят восточногерманским компаниям, у которых более тесные связи с Россией, чем у западногерманских компаний. Такого же мнения придерживается премьер-министр Мекленбург-Передней Померании Мануэла Швезиг, член партии СДПГ [2].

Зигмар Габриэль – министр иностранных дел ФРГ до 14 марта 2018 г., член партии СДПГ – долгое время выступал за ослабление санкций в отношении России, поскольку считает, что сценарий со 100% реализацией Минских соглашений нереалистичен. Кроме того, санкции против России негативно сказываются на экономике Германии. Публично признавал свое мнение «неофициальным», так как оно расходится с мнением партии, за что часто подвергался критике [3].

Свободная демократическая партия (СвДП) также выступает за отмену санкций против России. В частности, глава СвДП В. Кубики утверждает, что Германии необходимо сделать первый шаг к налаживанию диалога с Россией, ведь это «по-детски наивно ожидать, что Россия завтра освободит Крым» и «откажется от своих вооружений с присутствующей угрозой НАТО». Стоит отметить, однако, что данная позиция лидера не пользуется популярностью среди других членов партии, которые напрямую заявляют, что мнение лидера не стоит путать с партийным консенсусом [4].

Член Бундестага от партии Альтернатива для Германии Роджер Бекамп в сопровождении членов Бундестага из Берлина и Баден-Вюртемберга. ездили в Крым. Их действия были подвергнуты осуждению со стороны Федерального правительства. Политики отмечают, что Крым не был оккупирован Россией, а люди, которые встречались с парламентариями АфД, были счастливы «вернуться домой в Россию» [5].

Видным сторонником отмены санкций является председатель Германо-Российского форума Маттиас Платцек (бывший премьер-министр земли Бранденбург, представитель СДПГ). По его мнению, «закручивание спирали санкций не приведёт к установлению мира на континенте», «западные лидеры должны находить новые пути для установления настоящего диалога с Россией» [6].

Однако правительственные партии, занимающие большинство мест в Бундестаге – Блок правоцентристских политических партий «Христианско-демократический союз Германии» (ХДС) и «Христианско-социальный союз в Баварии» (ХСС) (246 мест), Социал-

демократическая партия Германии (СДПГ) (153 места), придерживаются жесткой позиции в отношении России.

Заместитель председателя фракции ХДС/ХСС Йоханн Вадефуль, считает, что требование о постепенном смягчении санкций в отношении России противоречит исходу коалиционных переговоров. О постепенном ослаблении санкций не может быть и речи, поскольку для реализации Минских соглашений еще ничего не сделано [5].

Председатель Комитета по иностранным делам Бундестага, член ХДС Норберт Рёттген осудил предложение Зигмара Габриэля об ослаблении санкций против России: «Пока российское правительство не реализует Минские соглашения, переговоры об ослаблении санкций являются совершенно неправильным сигналом. Это побудило бы президента России Владимира Путина не изменять свою политику. На коалиционных переговорах СПД и ХДС пришли к выводу о том, что теперь для России настало время действовать» [5]. «Федеральное правительство, ЕС и Запад должны продемонстрировать непоколебимость в отношении президента Путина. Поскольку Россия нарушила международное право, аннексировав Крым, мы не должны уклоняться от коллективно наложенных санкций. Федеральное правительство действовало в соответствии с принятыми решениями, так и должно быть в дальнейшем. Запад не должен разделиться из-за экономических интересов. Без прогресса в исполнении Минских соглашений сближение с Россией безответственно».

Таким образом, в партийно-политических кругах ФРГ наблюдается раскол, единства нет уже в самих правительственных партиях, о чём свидетельствуют многочисленные заявления отдельных представителей партий и следующие за ними публикации с разуверениями в том, что это официальная позиция [7]. Восточные министры, представители бизнеса и российско-немецких торговых организаций, движимые экономическими реалиями, выступают за отмену санкций, которые оказывают пагубное воздействие не только на Россию, но и на земли Восточной Германии, а также на немецкую экономику в целом, свидетельства которому они могут наблюдать в своей ежедневной практике. Негативное влияние санкций на экономику ФРГ в целом отмечают и оппозиционные партии. Однако «официальная» позиция правительства в отношении антироссийских санкций едина. Для отмены санкций Россия должна выполнить условия Минских соглашений. Экономика явно уступает политике. Если экономическая составляющая санкционного режима более выгодна США, чем Германии и всему Европейскому Союзу, то политическая составляющая крайне важна для ЕС, чтобы ещё раз подчеркнуть единство политики европейских стран, укрепить своё влияние на политической арене, указать на важность следования нормам международного права.

Лоббистский потенциал немецких компаний в отношении снятия санкций с РФ

Количество немецких компаний, работающих в России, согласно данным Российско-Германской внешнеторговой палаты (ВТП) за 2017 год, составило 4965. И хотя этот показатель за последний год снизился на 5,2%, немецкие предприятия продолжают оказывать значительную роль в российской экономике [8].

Экономические интересы в России подтверждают, что немецкие компании поддерживают идеи об ослаблении или отмене санкций, введённых против РФ. Заинтересованность немецкого бизнеса в позитивных изменениях в санкционном режиме, действующем ныне в отношении России, становится очевидной при рассмотрении данных опроса, проведённого ВТП в начале 2018 года: 94% немецких компаний выступают за отмену санкций ЕС [9].

Для рассмотрения вопроса о том, какие немецкие компании обладают потенциалом внести наибольший вклад в смягчение или полное нивелирование санкционного режима со стороны ЕС ы остановимся на 7 немецких компаниях: Siemens, Uniper, Linde, Schaeffler, Daimler, BASF и SAP, которые отвечают критерию реализации наиболее крупные и масштабные инфраструктурные проекты на территории РФ [10].

Следует отметить, что в ФРГ отсутствует какой-либо закон о лоббизме, который бы вводил понятие лоббизм в правовое поле страны. Вместо этого существует ряд правил, регулирующих отношения политических партий в Бундестаге с ассоциациями компаний и их представителями, занимающимися лоббированием своих интересов де-факто. Два основных блока правил регулируют вопросы, связанные с получением политической партией пожертвований (Spenden) со стороны и допуском ассоциаций на все непубличные мероприятия в Бундестаге, связанные с обсуждением и принятием законов, в рамках которых лоббисты получают возможность оказать воздействие на депутатов.

Финансовая сторона вопроса о лоббировании регламентируется 25 параграфом Закона о политических партиях ФРГ. Если объём пожертвований от одного лица превышает 10 тысяч евро в год, то партия должна опубликовать раздельно данные этого лица и точный объём его пожертвований. О пожертвованиях, превышающих объём в 50 тысяч евро, должно быть немедленно доложено Председателю Бундестага с тем, чтобы он опубликовал в отчёте парламента данные о лице, осуществившем пожертвование, и точную сумму последнего [11].

Чтобы получить допуск на парламентские непубличные мероприятия, ассоциация должна быть внесена в специальный список Бундестага (на 13.04.2017 в этом списке 2350 ассоциаций) [12]. Однако доступ для своих представителей ассоциация может получить, не будучи зарегистрированной в Бундестаге, путём обращения к парламентским группам или политическим партиям, представленным в Бундестаге. Впрочем, информация о том, кому партии выдают однодневные пропуски в Бундестаг, как правило, не находится в публичном доступе. Исходя из этого ответ на вопрос о том, с какими политическими партиями, представленным в Бундестаге, работают те или иные немецкие компании, является довольно сложным.

Существуют также довольно обрывочные сведения относительно финансирования политических партий теми или иными компаниями. Так, в частности, Daimler профинансировал избирательную кампанию Христианско-Демократического союза во время последних выборов в Бундестаг в 2017 году на 100 тысяч евро, аналогичным образом поддержку от Daimler в размере 120 тысяч евро во время предвыборной кампании приобрели немецкие социал-демократы. Кроме того, в случае с Daimler следует обязательно упомянуть и о том, что существуют определённые личные связи между ХДС и нынешним руководством автоконцерна: Экарт фон Кледен, бывший ранее госминистром в кабинете Меркель, ныне является руководителем отдела Daimler по связям с правительствами в мире [13].

В ноябре 2017 года в СМИ просочилась информация о том, что руководство Свободной демократической партии Германии в лице Вольфганга Кубики связано с попытками лоббирования интересов швейцарской компании NordStream 2 для получения разрешения на строительство Северного потока 2 [14]. И хотя проект строительства газопровода, исходя из финансовой составляющей, наполовину является российским, в нём также присутствуют инвестиции немецких компаний Uniper и Wintershall, которые, что нельзя исключать, и имеют выход на свободных демократов.

Изучение законодательной базы, регулирующей лоббистскую деятельность в Германии, а также анализ новостных источников по данному вопросу подтвердили, что каждая из семи выбранных нами немецких компаний обладает возможностью лоббирования смягчения или полного снятия санкций, введённых против РФ. Объединившийся весной 2018 года с Восточноевропейской ассоциацией немецкого бизнеса Восточный комитет германской экономики, членами которого являются все 7 компаний, является крупнейшей площадкой для артикуляции требований немецких компаний, имеющих экономические интересы в России, относительно позитивного изменения санкционного режима. Помимо этого рычага лоббирования, во всяком случае, у ряда компаний из нашего списка существуют личные контакты с политиками, которые также могут быть задействованы ради уменьшения санкционного бремени на РФ.

Вывод. Таким образом, становится очевидным, что в настоящий момент отмена антироссийских санкций представляется маловероятной. Это, впрочем, не означает, что в Германии нет групп и лиц, выступающих за ослабление санкционного бремени РФ. Напротив, раскол мнений среди политической элиты Германии, линия которого проходит, в том числе, через сами парламентские партии, а также практически единодушное неприятие санкций со стороны крупных немецких компаний свидетельствуют о том, что идея снятия ограничительных мер с России в Германии жива.

Однако существуют известные сомнения относительно того, что данная идея будет претворена в жизнь нынешним немецким кабинетом, члены которого в настоящий момент настроены против снятия санкций без выполнения со стороны России всех условий Минских соглашений. Яркий представитель немецкой политической элиты, выступающий за отмену или ослабление санкций – бывший министр иностранных дел Зигмар Габриэль – был отправлен в отставку из-за неприятия политики партии в вопросе антироссийских санкций. Факт отставки говорит о том, что федеральное правительство не намерено менять политический курс. Тем самым политический принцип единства и следования букве международного права в европейском толковании довлеет над вопросами экономической целесообразности.

При этом важно отметить, что в ближайшем будущем могут возникнуть условия, которые могут способствовать изменению позиции немецкого правительства по антироссийским санкциям. Источником возникновения этих условий, возможно, станут США, в настоящее время проводящие политику пересмотра торговых соглашений с ЕС, а также готовящиеся ввести ограничительные меры против строящегося СП-2, очень важного и выгодного для Германии.

Вместе с тем, в условиях меняющихся отношений между США и Европейским союзом, в частности, Германией, претерпевает изменения и роль России, которая была весьма значительным источником конституирующих сил «*европейскости*». Неблагоприятный внешнеполитический образ России, созданный в Европе в основном на основе Украинского и Крымского кризисов, позволил ЕС воспринимать Россию в качестве «*Другого*», подчеркивая тем самым собственное миролюбие и приверженность соблюдению международного права. После прихода к власти президента Д. Трампа и возникновения разногласий по ключевым для Германии вопросам, Россия перестала быть основным «Другим». Для Европейского союза новым «Другим» выступают США во главе с новым президентом. Укрепление независимости и консолидация ЕС будет происходить на фоне несогласия с некоторыми позициями США, в сотрудничестве с администрацией президента Трампа будет строго соблюдаться баланс [15].

Важно отметить, что с точки зрения научного исследования вопроса в области международных отношений очень сложно измерить уровень влияния того или иного актора на процессы консолидации внутри другого объекта.

Тем не менее, при рассмотрении в такой теоретической плоскости вопрос о снятии санкций мы считаем возможным свести к тому, кто с течением времени станет более «Другим» для Германии – Россия или США? При каких условиях возможна ориентация на сотрудничество с гражданами, а не с государством восточного соседа, и возможна ли вообще? Такими мы видим вопросы дальнейших исследований этой проблемы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. So wird die neue Groko // www.taz.de. URL: https://www.taz.de/Archiv-Suche/!5480714&s=sanktionen+russland/ (дата обращения: 13.02.2018).

2. „Für Abbau der Russlandsanktionen“ // www.taz.de. URL: https://www.taz.de/Archiv-Suche/!5478075&s=sanktionen+russland/ (дата обращения: 20.02.2018).

3. CDU attackiert Gabriel wegen Forderung nach Lockerung // www.handelsblatt.com. URL: https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/russland-sanktionen-cdu-attackiert-gabriel-wegen-

forderung-nach-lockerung/20975630.html?ticket=ST-2498568-Xulr7W0F2rugQ94oWHfW-ap1 (дата обращения: 19.02.2018).

4. „Kubicki spricht nicht für die FDP“ // www.faz.de. URL: http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/graf-lambsdorff-fdp-widerspricht-kubicki-bei-russland-frage-15505202.html (дата обращения: 25.03.2018).

5. Bundesregierung kritisiert Reise von AfD-Politikern // www.handelsblatt.com. URL: https://app.handelsblatt.com/politik/deutschland/krim-besuch-bundesregierung-kritisiert-reise-von-afd-politikern/20932066.html?ticket=ST-1060488-G4mPDFqbzxedrIBrlM3e-ap2 (дата обращения: 08.02.2018).

6. Platzeck gegen weitere Russland-Sanktionen // www.sueddeutsche.de. URL: http://www.sueddeutsche.de/news/politik/international---berlin-platzeck-gegen-weitere-russland-sanktionen-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-180328-99-676808 (дата обращения: 02.04.2018).

7. „Sanktionen sind unwahrscheinlich“ // www.taz.de. URL: https://www.taz.de/Archiv-Suche/!5492379&s=sanktionen+russland/ (дата обращения: 24.04.2018).

8. Zahl deutscher Unternehmen in Russland gesunken // www.russland.ahk.de. URL: https://russland.ahk.de/infothek/news/detail/zahl-deutscher-unternehmen-in-russland-gesunken/ (дата обращения: 22.03.2018).

9. Umfrage: Neue US-Sanktionen gegen russische Unternehmen und ihre Auswirkungen auf die deutsche Wirtschaft in Russland // www.russland.ahk.de. URL: https://russland.ahk.de/fileadmin/AHK_Russland/Newsroom/2018/04/25_PM_US-Sanktionen/2018_04-25_Auswertung_AHK-Umfrage-US-Sanktionen_DE.pdf (дата обращения: 12.05.2018).

10.Größte Unternehmen in Deutschland // www.boerse.de. URL: https://www.boerse.de/wissen/groesste-unternehmen-deutschland (дата обращения: 15.05.2018).

11.Gesetz über die politischen Parteien (Parteiengesetz) § 25 Spenden // http://www.gesetze-im-internet.de URL: http://www.gesetze-im-internet.de/partg/__25.html (дата обращения: 11.02.2018).

12.Lobbying Disclosure Laws: Germany // www.loc.gov. URL: https://www.loc.gov/law/help/lobbying-disclosure/germany.php (дата обращения: 11.02.2018).

13.As German Election Looms, Politicians Face Voters’ Wrath for Tiesto Carmakers // www.nytimes.com. URL: https://www.nytimes.com/2017/09/13/business/germany-diesel-election.html (дата обращения: 01.03.2018).

14.FDP: Wieweitreicht der Einfluss der russischen Gaslobby? // www.lobbycontrol.de. URL: https://www.lobbycontrol.de/2017/11/fdp-wie-weit-reicht-der-einfluss-der-russischen-gaslobby/ (дата обращения: 02.03.2018).

15.Making plans for a new world order // www.handelsblatt.com. URL: https://www.handelsblatt.com/today/opinion/heiko-maas-making-plans-for-a-new-world-order/22940622.html?ticket=ST-1069189-gv7xgQOzFixkiMFZcVGI-ap2 (дата обращения: 04.05.2018).

УДК 78.05

До Ань Тунг, И.И. Колесник
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕЖКУЛЬТУРНАЯ КОММУНИКАЦИЯ МЕЖДУ ВЬЕТНАМОМ И РОССИЕЙ В МУЗЫКАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Актуальность. В современной научной литературе хорошо исследованы вопросы экономического сотрудничества между Россией и Вьетнамом, тогда как тема культурных связей является малоосвещенной.

Цель работы – проанализировать особенности влияния русской культуры, в частности, музыкальной культуры, но вьетнамскую культуру.

Задачи:

1. Выделить периоды истории сотрудничества России и Вьетнама.
2. Показать место и роль русско-советской культуры для Вьетнама.

3. Определить причины выделения сферы музыкальной культуры.

В работе использован сравнительно-исторический *метод.*

Отношения между Вьетнамом и бывшим Советским Союзом и сегодняшние отношения между Вьетнамом и Россией продолжают неуклонно развиваться. Вместе с созданием всесторонних связей обе страны начали и межкультурную коммуникацию.

Процесс обмена культурой между Россией и Вьетнамом начался в тот период, когда Хо Ши Мин и первые вьетнамские коммунисты приехали на учебу в Восточный университет Москвы (1923–1930) для приобретения опыта национального освобождения, изучения марксизма-ленинизма и русской Октябрьской революции [1].

Однако отношения стали более глубокими после установления дипломатических отношений правительства Демократической Республики Вьетнам со странами мира 14 января 1950 года. Советский Союз был одним из первых государств мира, официально установивших дипломатические отношения с Вьетнамом 30 января 1950 года. Это событие заложило основу для прочной дружбы и плодотворного сотрудничества между двумя странами во многих областях общественной жизни России и Вьетнама. С этого момента трансляция русско-советской культуры во Вьетнаме пропагандировалась как основное направление внутренней социокультурной политики.

Среди стран социалистического лагеря, которые влияли на вьетнамскую культуру, СССР выступил как ведущая страна. Русско-советская культура является неоспоримым историческим феноменом, который сильно повлиял на вьетнамскую культуру 20-го века. В результате вьетнамская культура активно впитала традиции русско-советской культуры, хотя в каждый исторический период это воздействие было различным. В частности, обмен был активным в следующих культурных областях: литература, кино, театр, изобразительное искусство, образование и обучение, издательство, и особенно музыка. Русская музыка чрезвычайно богата чувствами, привлекательна, язык песен очень близок к вьетнамцам.

Будучи большой страной, простирающейся от Европы до Азии, находящейся на пересечении между двумя культурами Востока и Запада, Россия имеет мощные традиции классической музыки, занимающие важное место в мире. В семнадцатом веке появилась профессиональная музыкальная школа России, но только к девятнадцатому столетию русская музыка получила всемирное признание, благодаря произведениям М.И. Глинки. Многие поколения российских музыкантов вносили большой вклад в развитие мировой музыкальной культуры. Развитие и становление русской классической музыки связано с именами таких талантливых композиторов 19-го века, как А.А. Алябьев, А.Е. Варламов, с группой композиторов так называемой «Могучей кучки» (М.П. Мусоргский, А.П. Бородин, Н.А. Римский-Корсаков, Ц.А. Кюи, М.А. Балакирев) и особенно с именем П.И. Чайковского, который поднял русскую музыку на вершину. В 20-м веке русская музыкальная сцена по-настоящему стала «красочным цветником». Мировое признание получил и вклад в музыкальную культуру русских музыкантов 20-го века, таких как Д.Д. Шостакович, И.Ф. Стравинский, А.Н. Скрябин, С.В. Рахманинов, С.С. Прокофьев, А.И. Хачатурян.

В области музыки Вьетнама, после установления отношений с Советским Союзом, русская музыка, вместе с культурой и искусством социалистических стран была широко представлена и популяризирована на радиостанциях и телевидении, музыкальной сцене, клубах культурной деятельности школьников и студентов. Россия оказала влияние на ряд областей, таких как выступление, обучение, исследование вьетнамской страны. Многие учебники, книги, методики преподавания музыки из России были выбраны учителями и преподавателями, например, «Элементарная теория музыки» В.А. Вахромеева, «Учебник гармонии» четырех русских авторов (Ю. Дубовский, С. Евсеев, И. Способин, В. Соколов); материалы по музыкальной истории, музыкальные жанры, анализ произведений, вокальные произведения, вокальные учебники; многие книги, обучающие играть на пианино, скрипке и многих других западных музыкальных инструментах. Во время войны Россия поддерживала

Вьетнам в сфере образования, отправляя экспертов для работы во Вьетнамских учебных заведениях, в том числе в музыкальных школах и училищах, помогала студентам обучаться в российских музыкальных заведениях, в том числе в Консерватории имени П.И. Чайковского.

Можно сказать, что Россия оказала большое влияние на развитие музыкальной культуры во Вьетнаме в 20-м веке.

Важный элемент русской музыки – песни. В русских песнях изображена великая, красивая, романтичная страна; это искренняя любовь парня к девушке; это простые, добрые и умные русские люди в бытовой жизни, но мужественные и героические в борьбе за защиту отечества. Русские песни играют важную роль не только в российской музыкальной жизни, но и в других странах, в том числе во Вьетнаме. Русская музыка вошла во Вьетнам очень рано, сразу после появления в стране русской и советской литературы. Начиная с песен, переведенных по радио на Юге Вьетнама, русские песни распространились на Север во время антиамериканской войны, на музыкальной сцене, в развлекательном клубе. Русские песни оказывали большое влияние, их любили миллионы молодых вьетнамцев. До сих пор русская музыка продолжает жить в сердце вьетнамских меломанов [2].

Можно указать русские песни, «находящиеся в сердце» вьетнамцев. Это песня «Два берега» (композитор А.Я. Эшпай, слова Г.М. Поженян) о верной любви девушки к парню. Это песня «Подмосковные вечера», написанная на слова поэта Михаила Матусовского, которую любят многие люди из разных стран мира. Франция, Швеция, Испания, Италия, Китай написали текст-перевод для этой песни. «Подмосковные вечера» славится во Вьетнаме выступлениями многих известных артистов и певцов, и запоминается как одна из хороших песен на русском языке. Или «Миллион роз», песня одноименной поэмы поэта Андреаса Андреевича Вознесенского. «Миллион роз» ассоциируется с молодежью, говоря о любви между парнем и девушкой. Эта песня известна не только в России. В Японии она называется «символом любви». Во Вьетнаме эта песня имеет широкую популярность и постоянную жизнеспособность, возбуждая многие поколения вьетнамцев. Или «Катюша», песня о любви, близкая к народу Советского Союза в военное время и является духовной опорой для солдат Красной Армии. «Волга-Реченька Глубока», «Уральская рябинушка», «Песня о тревожной молодости» [3].

Русские песни любят не только пожилые и молодые вьетнамцы, но и многие дети. Эти русские песни транслировались на вьетнамский язык вьетнамскими музыкантами. Были переведены многие известные песни, такие как песня «Пусть всегда будет солнце!», песня «Улыбка». У этих песен есть веселая, ясная и оптимистичная мелодия, которая заставляет слушателя чувствовать любовь и надежду на лучшее будущее, поэтому его любят многие дети. Или знаменитая детская песня Советского Союза «Чему учат в школе», тоже была переведена на вьетнамский язык. Эту песню часто выступали советские дети в школьный день. Во Вьетнаме эта песня была очень популярна в 1980-х и начале 1990-х годов. До сих пор, русские детские песни ещё выбраны для текущей программы обучения в начальных школах.

Общая характеристика русских песен – они часто короткие, имеют простую рифму, ритмичный звук не сложный, звуковой объем невелик. Хотя песни имеют статус произведений искусства, они очень четко выражают универсальность, народные черты, близость к сердцу людей. Многие авторы пишут в форме одного куплета, почти нет способа модулирования или транспонирования. Тем не менее, песни звучат хорошо и интересно, а не монотонно. Темы, содержание всегда подчеркивают отношение русских к отечеству. Песни о любви всегда лирические, выражают последовательный русский характер: теплый, щедрый, открытый, искренний, всегда оптимистичный.

Не было такого, чтобы музыка какой-то другой страны была переведена и «укоренена» во вьетнамской социокультурной жизни так, как русская музыка. Причина, прежде всего, находится в историческом контексте. Во время войны во Вьетнаме против США, Советский

Союз был большим сторонником Вьетнама как материально, так и духовно. Более того, Советский Союз дружил с Вьетнамом по-братски. Таким образом, русские люди, русская культура стали близки вьетнамскому народу. Более того, во время и после американской войны многие вьетнамцы учились и работали в Советском Союзе. Когда они вернулись домой, они «принесли» с собой часть России.

Русская культура в целом и русская музыка в частности близка к вьетнамцам – это симпатия. Русская музыка лирическая, душевная, невинная, поэтому, очень подходит для души вьетнамцев, поэтому русские песни быстро стали близки, знакомы и полюбились вьетнамским людям. Во время войны во Вьетнаме, когда вьетнамским солдатам необходимо было проявить героизм и смелость, именно русские песни помогали ощутить воинский дух.

Возможно, именно гуманизм послужил причиной того, что эти прекрасные мелодии из России смогли преодолеть огромное расстояние, чтобы проникнуть в сердца миллионов вьетнамских любителей музыки, никогда не бывавших в России.

В настоящее время, во время интеграции Вьетнама в мировую экономику, культурный обмен со многими странами является неизбежным и необходимым. Американская и европейская культуры, в том числе и в музыкальной сфере, заняли прочное положение во вьетнамском культурном пространстве. Развитие современной вьетнамской музыки тоже не стоит на месте, поэтому русская музыка уже не столь популярна. Однако для многих вьетнамцев русская музыка остается неотъемлемой частью духовной жизни. И как только слышны те знакомые мелодии, появляются прекрасные воспоминания [4]. Воспоминания о прошлом, о стране, которая для Вьетнама стала ассоциироваться с фразой «Велико расстояние, но близки наши сердца».

Таким образом, можно сделать *вывод* о том, что русско-советская культура является неотъемлемой частью вьетнамской истории и культуры 20 века.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основа русско-вьетнамских отношений [Электронный ресурс]. – URL: http://repository.ulis.vnu.edu.vn/bitstream/ULIS_123456789/764/1/Lê%20Quỳnh%20Nga.pdf (Дата обращения: 16.10.2018).

2. Русская музыка в сердце вьетнамцев [Электронный ресурс]. – URL:http://ct.qdnd.vn/quoc-te/am-nhac-nga-dau-an-trong-long-nguoi-viet-518266 (Дата обращения: 16.10.2018).

3. Роль русских песен в музыкальной жизни Вьетнама [Электронный ресурс]. – URL:http://www.spnttw.edu.vn/articledetail.aspx?articleid=4661&sitepageid=650 (Дата обращения: 16.10.2018).

4. Русская музыка в жизни вьетнамцев [Электронный ресурс]. – URL: https://qhqtvietnga.wordpress.com/2015/12/17/am-nhac-nga-trong-doi-song-nguoi-viet/ (Дата обращения: 16.10.2018).

УДК 929

В.А. Чикина
Санкт-Петербургский государственный университет

НАУЧНЫЙ АРХИВ ВОО «РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

Петербург – «мастерская» Владимира Ивановича Ламанского, историка-слависта.

Актуальность. Владимира Ивановича Ламанского (1833–1914 гг.) можно назвать человеком, чья судьба и научная карьера были тесно связаны с Петербургом. Он стал известен благодаря своим работам в области истории, славистики, геополитики, а также этнографии. Неоднократно деятельность ученого подвергалась оценке, а отношение к его личности никогда не было однозначным. Долгое время его труды были преданы забвению, и

лишь с 90- х годов XX века интерес к ним вырос. Исследование биографии, а также научных трудов петербургского историка-слависта В.И. Ламанского остается актуальным доныне, поскольку науки, которые пополнились его работами, активно развиваются на сегодняшний день и являются популярными в научном мире.

Цель работы – изучение научной деятельности и жизненного пути Владимира Ивановича Ламанского в Петербурге. Данная цель определила следующие *задачи*: выделить основные этапы жизни В.И. Ламанского, рассмотреть его деятельность в качестве профессионального ученого, изучить происхождение его семьи, дать оценку вкладу В.И. Ламанского в российскую науку, установить его петербургские адреса.

Для решения поставленных задач был использован проблемно-хронологический метод исследования, который позволяет рассмотреть деятельность В.И. Ламанского в исторической последовательности. Также метод позволил рассмотреть общий исторический фон данного периода.

Главным источником по теме исследования фонд № 35 Санкт-Петербургского филиала архива Российской академии наук (РАН) [1–3]. Он содержит воспоминания В.И. Ламанского о своей семье, позволяет понять, как появилась фамилия Ламанских в Петербурге. Также важным источником был фонд № 733 Российского государственного исторического архива (РГИА) [4, 5]. Фонды содержат материалы, связанные с жизнью и научной деятельностью В.И. Ламанского. Автор ставит перед собой цель полностью изучить данные фонды, содержащие огромное число информации по проблеме исследования. Изученные на сегодняшний день документы представляют собой официальную документацию – метрики, свидетельства, дела о назначении пособий. Кроме того, для написания работы были использованы материалы периодической печати и литературные источники.

В.И. Ламанский был рожден в культурном и научном центре России Санкт-Петербурге 26 июня (8 июля) 1833 года [4, с. 139]. П.П. Семенов-Тян-Шанский хорошо знал семью сенатора И.И. Ламанского (1794–1879 гг.), отца Владимира Ивановича, и говорил, что многие его сыновья оказались талантливыми людьми [4, с. 9]. Всего в семье Ивана Ивановича было восемь сыновей и одна дочь. Многие из известного дворянского рода Ламанских достигли высот в науке и воинской службе. Владимир Иванович Ламанский, будучи пятым сыном, не был исключением. Он был достаточно старателен и подавал надежды еще в детстве.

Сохранились воспоминания В.И. Ламанского о своем отце Иване Ивановиче Ламанском: «Старший брат его Илья, весьма даровитый и умный человек, еще юношей отправился в Петербург искать службы чуть ли не пешком и взял с собой младшего брата Ивана, восьмилетнего мальчика, и поместил его сначала в иезуитскую школу, а затем в Петербургскую губернскую гимназию» [1, л. 4]. Эти строки говорят нам о том, как были «пущены корни» Ламанских в Петербурге.

Также стоит привести еще один отрывок из воспоминаний В.И. Ламанского: «Отец мой, <…> выучился языку латинскому и французскому. Католиком [он] не был, а стал поклонником Вольтера и энциклопедистов. До конца жизни он любил энциклопедию; он купил и первую русскую энциклопедию (не конченую) и французскую энциклопедию Encyclopedie des gens du monde и читал ее подробно» [1, л. 5]. Впоследствии именно эти энциклопедии легли в основание крупной библиотеки Ламанских, которая находилась в их доме в Петербурге.

Она включала в себя редкие издания. Сочинения П.Ж. Прудона привлекли В.И. Ламанского, и он начал увлекаться историей [2, л. 1]. В 1850 году он выдержал испытания и поступил на историко-филологический факультет Санкт-Петербургского университета. На интересы Владимира Ивановича Ламанского повлиял, в том числе, и его учитель Измаил Иванович Срезневский. Вместе они читали рукописи на славянских языках в

рамках занятий по славянской филологии [7, с. 163]. В понимании В.И. Ламанского изучать историю России было невозможно без уроков по славянским языкам.

Окончив обучение в университете, В.И. Ламанский сначала отправился на службу в Публичную библиотеку. Однако проработал там сравнительно недолго и перешел в Государственный архив при Министерстве иностранных дел на должность старшего архивариуса [5, л. 2 (об)]. Во время работы В.И. Ламанский не забывал и о науке, он продолжал собирать материал по своим научным взысканиям. В начале 1860 году он успешно защитил свою магистерскую диссертацию «О славянах в Малой Азии, в Африке и в Испании» [5, л. 3 (об)].

Продолжая работать в архиве, он стал сотрудником редакции журнала Императорского Географического общества и секретарем этнографического отделения. Работа в архиве помогла В.И. Ламанскому добиться командировки, о которой он так давно мечтал [5, л. 3 (об)]. В 1862–1864 годы состоялось его путешествие по Балканскому полуострову, Италии и Австро-Венгрии. Путешествуя, он изучал материалы местных архивов и библиотек. В будущем они легли в основу его лекционных курсов.

В 1865 году В.И. Ламанский стал преподавателем кафедры славянской филологии своей «alma mater». В 1871 году он защитил докторскую диссертацию «Об историческом изучении греко-славянского мира в Европе» [6, с. 139]. Все больше В.И. Ламанский отходил от филологии, и с каждым днем становился ближе к изучению истории. Судьба подарила В.И. Ламанскому в эти годы не только любимое дело, но и любимую женщину А.И. Штрупп (Халютину), с которой он создал счастливую семью, подобную той, которую создали его родители [3, л. 8].

Постепенно складывалась научная концепция В.И. Ламанского, которая легла в основу целой школы славистов. Вершина ее кроется в труде «Три мира Азийско-Европейского материка» [8]. В своем сочинении автор рассуждал о скором столкновении славян с германцами. Думал ли он, что так скоро его предположения воплотятся в жизнь…

Владимир Иванович Ламанский был хорошо знаком со многими учеными и деятелями культуры, его современниками. К примеру, он хорошо был знаком с Федором Михайловичем Достоевским. Сохранились воспоминания его жены, а также племянников, которые помнят, как проходили встречи Ламанского и Достоевского. Эти строки подтверждают их приятельские отношения: «Федор Михайлович истинное просвещение высоко ставил, и между умными и талантливыми профессорами и учеными он имел многолетних и искренних друзей, с которыми ему было всегда приятно и интересно встречаться и беседовать. Таковыми были, например, Вл.И. Ламанский, В.В. Григорьев (востоковед), Н.П. Вагнер, А.М. Бутлеров...» [10]. В.И. Ламанский был вхож не только в научное, но и культурное общество Петербурга.

В.И. Ламанский с 1883 по 1885 года был деканом родного историко-филологического факультета [5, л. 10 (об)]. Он вел активную общественную деятельность, являлся сотрудником Славянского благотворительного общества. Неотъемлемой частью его научной деятельности были командировки в Европу, но он всегда возвращался в родной Петербург. Пошатнула его активную деятельность смерть любимой жены в 1898 году [4, л. 11]. В 1909 году В.И. Ламанский был избран академиком [6, л. 139]. Владимир Иванович Ламанский умер в 1914 году [9, с. 1339], когда начали сбываться его слова – была на пороге мировая война. В своих трудах он будто предсказал грядущие события. Действительно ли историк-славист знал о назревающем конфликте и понимал его последствия или было это предположением – до сих пор является дискуссионным вопросом в биографии петербургского ученого. В.И. Ламанский был захоронен на Никольском кладбище Александро-Невской лавры в городе Санкт-Петербурге.

Владимир Иванович Ламанский является примером образованного и уникального человека своего времени. Его ученики вошли в плеяду лучших специалистов рубежа XIX –

XX века, многие из которых вспоминали его исключительно с улыбкой и большим уважением. Его труды легли в основу такой области исторического знания как славистика. Также свой «след» он оставил в филологической сфере. Жизнь и научный путь были Владимира Ивановича Ламанского проходили в Петербурге, именно поэтому автор статьи назвал город «мастерской» историка-слависта. Так или иначе, город подарил ему интересное детство, большинство научных ресурсов, соответствующее окружение, alma-mater, а кроме того интересных коллег и оппонентов.

Русский дворянин В.И. Ламанский посвятил себя развитию славистики и оставил после себя научную школу. Его учениками были Т.Д. Флоринский, К.Я. Грот, А.А. Шахматов и другие. В.И. Ламанского можно по праву назвать образованнейшим человеком своего времени. Судьба Владимира Ивановича Ламанского уже является частью славистики, у истоков которой он когда-то стоял. Память о нем хранят в Санкт-Петербургском университете. В рамках университетского проекта по сохранению памяти выпускников и преподавателей университета собран биографический материал и про В.И. Ламанского.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ПФА РАН. Ф. 35. Оп. 3. Д. 1.
2. ПФА РАН. Ф. 35. Оп. 2. Д. 115.
3. ПФА РАН. Ф. 35. Оп. 3. Д. 28.
4. РГИА. Ф. 733. Оп. 142. Д. 1340.
5. РГИА. Ф. 733. Оп. 150. Д. 316.
6. Бугров А.В. Евгений Иванович Ламанский: жизнь и деятельность. – М., 2015.
7. Документы к истории славяноведения в России (1850–1912).
8. Ламанский В.И. Три мира Азийско-Европейского материка. – СПб., 2011.
9. Шахматов А.А. В.И. Ламанский. Некролог. Известия Императорской Академии Наук. VI серия. Пг. 1914. Том 8. Выпуск 18. С. 1339–1352.
10. Федор Михайлович Достоевский. Антология жизни и творчества. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fedordostoevsky.ru/around/Lamansky_V_I/ (Дата обращения: 5.12.2018).

УДК 9-908; 69(091)

М.В. Малыхин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – ПЕРЕДОВАЯ СТРОЙКА НАЧАЛА XX ВЕКА

В преддверии 120-летия основания Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого (1899) представляется важным и интересным обратиться не просто к первым годам его существования, но к процессу рождения в России учебного заведения принципиально нового, для своего времени, типа.

Целью настоящего исследования является изучение и анализ истории строительства комплекса зданий Санкт-Петербургского политехнического института (ныне университета). Важно подчеркнуть, что данная проблема освещена в научной литературе скупо, в отличии от организационного становления Политехникума, как учебного заведения. К числу немногих работ по данной тематике можно отнести статью Н.А. Нарышкиной-Прокудиной-Горской «Князь А.Г. Гагарин и архитектурный облик университетского городка «Политехнический в Лесном» (2012) [1].

Однако в освещении «архитектурной истории» Политехникума остается много пробелов. Данной работой автор намерен, хотя бы частично, восполнить их. Это тем более важно потому, что масштабное строительство зданий Политехнического института для рубежа XIX-XX вв. являлось, во многом, образцовым и новаторским. Основные принципы

организации строительства, даже технологии, используемые архитекторами прошлого и сейчас, в 2018 г., актуальны на строительных площадках.

В ходе работы над темой автором статьи были изучены и проанализированы книги по истории Политехнического Университета. Б.Н. Меншуткина [2] и А.А. Смелова [3], статьи по строительному делу в периодических изданиях изучаемого периода, мемуары профессоров института [4].

В работе использовались также отдельные документы из фонда Учебного отдела Министерства торговли и промышленности (в его ведении находился Политехнический институт), которые хранятся в Российском государственном историческом архиве (РГИА), документы из архива Историко-Технического музея СПБПУ.

Подходило к концу XIX столетие. Общество и в России, и в Европе, и в мире ждало от нового наступающего XX века, что он станет золотым веком человечества. Веком великих свершений. Веком небывалого технического прогресса. И, конечно, в этом новом веке важны будут люди инженерных специальностей. Между тем в Российской Империи, по словам С.Ю. Витте «чувствовался недостаток в лицах с высшим образованием по механической специальности, особенно по некоторым, только что зарождающимся отраслям» [5, л. 47].

Именно С.Ю. Витте обязан своим возникновением Санкт-Петербургский политехнический институт. Политехникум, по замыслу министра финансов, должен был стать совершенно новой кузницей инженерных кадров XX столетия.

19 февраля 1899 г. император Николай II утвердил доклад С.Ю. Витте, содержавший проект создания Санкт-Петербургского политехнического института и строительства для него зданий на участке в Лесном, близ Муринского шоссе [3, с. 18]. 23-го февраля образована «Особая строительная комиссия по сооружению зданий Политехнического института в г. Санкт-Петербурге»

В обязанности Комиссии входило: а) рассматривать и утверждать общие проекты сооружений; б) заключение договоров с подрядчиками; б) наблюдение за ходом работ; г) производство расчетов и оплаты работ.

Председателем Комиссии назначался инженер Э.К. Циглер фон Шафгаузен, талантливый архитектор и, по оценке С.Ю. Витте «в высшей степени достойнейший, почтеннейший человек» [6, с. 149].

Однако вскоре, в ноябре 1899 г. Циглер фон Шафгаузен был направлен на службу в Департамент железнодорожных дел Министерства финансов, впоследствии он входил в Правление Китайско-Восточной железной дороги (КВЖД) и Строительную комиссию Политехнического института возглавил его директор, А.Г. Гагарин. Интересно отметить, что Витте первоначально хотел назначить на место Циглера фон Шафгаузена инженера-путейца А.Н. Вентцеля, который позже занимал видные посты в руководстве той же КВЖД. Однако В.И. Ковалевский убедил Витте сделать выбор в пользу Гагарина.

В 1899 г. в состав комиссии вошли: Н.П. Ланговой, А.Н. Бенуа, К.К. Тарасов, А.М. Михайлов, В.М. Веселовский. Практически все эти лица были видными архитекторами иди инженерами, либо чиновниками Министерства финансов. Ярким представителем первой группы являлся, например, Альберт Николаевич Бенуа, представитель известной «художественной» семьи, выпускник и преподаватель Академии художеств, хранитель Русского музея. Во второй (чиновной) группе заметной фигурой был Николай Петрович Ланговой – вице-директор Департамента торговли и промышленности Минфина. Выходец из купеческой семьи, Ланговой окончил Санкт-Петербургский Технологический институт (1885) и приобрел известность, как технолог волокнистых веществ (текстильная промышленность), затем, однако, он также преподавал в Технологическом институте, активно занимался промышленной статистикой и преуспел на административном поприще.

В конце апреля 1899 г. Н.П. Ланговой из состава Строительной комиссии вышел. По инициативе Витте, в состав комиссии тогда был включен, Леонтий Васильевич Шмеллинг (1858-?), архитектор и представитель Государственного контроля [7, л. 60].

Основные функции по осуществлению постройки сосредоточились у инженера-строителя Эрнеста Францевича Вирриха (1860-?). Он пользовался широкими правами и полномочиями, составлял все проекты и сметы и вел все работы по постройке зданий.

Биография этого архитектора была рассмотрена И.А. Брюхановой в статье, опубликованной в 2005 г. [8]. В ней, в частности, отмечено, что в юности Виррих «был постоянным помощником академика архитектуры графа П.Ю. Сюзора, в творчестве которого были ярко выражены градостроительные тенденции эпохи. Начинающий архитектор принимал участие во всех его многочисленных за это время работах: банки, частные дома, больница, школа, лечебные здания, конюшни, манежи и пр.» [8, с. 18].

Тем не менее, самостоятельных работ ко времени назначения в Строительную комиссию у Вирриха было немного. Самым заметным его творением был Успенский собор в Омске. В Санкт-Петербурге Виррих строил, преимущественно, частные дома. Среди таковых выделяется один небольшой особняк, построенный Виррихом в 1898 г. на Петроградской стороне. Особняк этот принадлежал самому Витте, который и курировал всю стройку. Возможно, именно личное знакомство подвигло министра доверить столь важный объект относительно молодому 39-летнему инженеру. Как показала история он оказался прав!

Под руководством Вирриха собралась целая команда талантливых инженеров, которая и приступила к проектированию нового учебного заведения. Среди ближайших сотрудников инженера-строителя были: архитекторы И.В. Падлевский (помощник инженера-строителя, заведовал также чертежной и архитектурным проектированием), В.И. Фрейман (заведующий работами по Главному зданию), А.К. Папроцкий (заведующий работами по химическому павильону), инженер В.И. Иогихес (планировка, мостовые работы) и др.

Первое заседание Строительной комиссии состоялось 3 апреля 1899 г. Начало было положено планированием строительной площадки, планировкой и устройством путей доставки строительных материалов, которых предстояло привезти до 15 млн. пудов.

Здесь сразу же стоит отметить размах работ и новизну подхода. Основные грузы везли по Неве, на которой для разгрузки была построена специальная пристань (в районе завода Арсенал). Здесь же осуществлялось временное хранение стройматериалов. Для доставки грузов непосредственно строительную площадку была устроена рельсовая дорога(!). Проходила она по Арсенальной улице, затем по Полюстровскому проспекту к Кушелевке и по ул. Малой Спасской (ныне – ул. Карбышева) выходила на дорогу в Сосновку.

Непосредственно на самой площадке строительство (как и в наше время) велось очередями. Стоит еще раз отметить: в Петербурге на тот момент не было столь масштабных проектов фактически квартальной застройки.

2 мая 1899 г. были утверждены эскизные проекты Э.Ф. Вирриха. Первые проектные предложения имели самый общий характер, так как на начальном этапе строительства не установились еще окончательно формы и внутреннее содержание отделов Института. В первую очередь строительства входили: Главное здание, Химический павильон, 1-е и 2-е общежития.

Одновременно же с этим готовилась строительная площадка. Огромное количество строителей (до 2500 человек) потребовало решить проблему жилья. Было выстроено 20 бараков на 120 человек каждый. Были построены также 6 бараков столовых с кузнями и хлебопекарными печами и баня. Т.е. на месте будущего института возник полноценный строительный городок, аналогичные городки и сейчас разбиваются на всех крупных стройках. Был устроен временный водопровод. В районе нынешней церкви поставили деревянную водонапорную башню. Временный водопровод позволял подавать воду в любое

место постройки (а это не всегда реализуется, даже, на современных объектах). Также по территории площадки были проложены временные дороги.

9 сентября 1899 г. в Строительной комиссии подвели первые итоги сделанного. К тому времени были заложены фундаменты главного здания, химического павильона и двух общежитий, возведены здания для строителей и др.

Уже к концу строительного сезона 1899-го года были возведены фундаменты и уложен цоколь в зданиях первой очереди.

Зимой строительство не велось. Но уже в новом строительном сезоне на площадку были поставлены различные электрические машины (в частности, бетономешательные и насосы). Для питания их была выстроена электростанция.

В конце марта 1900 года Гагарин и Виррих были командированы заграницу, где подробно осмотрели 36 высших технических учебных заведения. Конечно же это нашло отражение в дальнейших изменениях проекта!

К 1901 г. все сооружения первой очереди были готовы под крышу. Был даже проект продолжить строительство в зимний период, для чего оконные и дверные проемы предполагалось закрыть щитами, возвести временную крышу, а внутри помещений устроить систему подачи горячего воздуха. Но в виду экономической нецелесообразности от данного плана отказались. Хотя, как мы видим из фотоматериалов, уже позже, при строительстве Гидробашни к такой концепции вернулись. Тогда был сооружен т.н. «тепляк» и работы продолжены в зимнее время.

Отличительной чертой строительства Политехникума являлась большая механизация труда. Помимо мешалок и насосов были поставлены различные электрические лебедки (кранов в то время еще не было). Все это позволило вести строительство очень быстрыми темпами. Не последнюю роль здесь сыграло отличное финансирование. Профессор Политехникума Н.Н. Саввин отмечал в своих мемуарах: «При своем финансовом могуществе (еще в первые два-три года нашего столетия) Витте удалось влить в постройку и организацию своего любимца неслыханные по тому времени средства, но уже в 1902–1903 гг. все сметы оказались перейденными, а предстояли все новые и новые расходы для заканчивания огромных зданий с десятками десятин паркетных полов и крыш» [4, с. 181].

Отдельно стоит отметить новые строительные технологии, применявшиеся строительстве зданий Политехнического института.

Так перекрытия цокольного этажа частично были выполнены в виде кирпичных сводов, а частично в виде сводов из железа и бетона по системе Ж. Монье. Деревянных перекрытий не применялось, тогда как в гражданском строительстве в целом деревянные перекрытия просуществовали чуть ли не до 50-х годов XX века. На тот момент система Монье была вполне современной, а бетон только получал распространение.

Но гораздо интереснее архитекторы решили проблему сложных перекрытий в актовом зале и больших лекционных аудиториях. Амфитеатры в них, как и большинство потолочных конструкций Института выполнены по системе Геннебика.

Французский инженер Франсуа Геннебик (Hennebique) первым предложил соединять бетонные опоры, балки и перекрытия посредством закладки арматуры круглого сечения. Свою систему он изобрел в 1892 г., экспериментально подтвердил в 1896-м, а широкое распространение она получила после Парижской выставки 1900-го года. Таким образом, мы можем говорить, что при постройке Политехникума использовались новейшие строительные технологии. Кстати, применяющиеся до сих пор.

Характерной особенностью зданий Политеха является то, что проект менялся по мере самого строительства и поэтому мы можем видеть сочетания самых разных инженерных решений. Как уже упомянутые системы Геннебика и Монье, так и смешанный металлический и кирпичный каркас.

В 1901 г. началось строительство следующих в очереди зданий – Механического павильона и котельной.

Итак, даже беглый анализ первых работ по строительству зданий Санкт-Петербургского политехнического института позволяет сделать следующий вывод: удачная организация строительства, высокий уровень механизации труда, грамотное решения вопроса своевременной поставки материалов – все это позволило в кратчайшие сроки развернуть строительство крупного современного объекта. Еще не начав функционировать как учебное заведение, на стадии строительства, Политехнический институт явил собой воплощение передовой технической мысли. Сам процесс его рождения стоит пристального изучения, как удачный пример организации строительства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Нарышкина-Прокудина-Горская Н.А. Князь А.Г. Гагарин и архитектурный облик университетского городка «Политехнический в Лесном» // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки. № 3. 2012. С. 145–158.

2. Меншуткин Б.Н. История Санкт-Петербургского политехнического института (1899–1930). – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 508 с.

3. Смелов В.А. Санкт-Петербургский политехнический дореволюционный. – СПб.: ООО «Береста», 2012. – 620 с.

4. Саввин Н.Н. Летопись моих дней. Воспоминания о С.-Петербургском Политехническом институте для моих американских друзей-политехников // Нестор. Журнал истории и культуры России и Восточной Европы. № 12. 2008. С. 180–235.

5. Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф .40. Оп. 1. Д. 51.

6. Витте С.Ю. Воспоминания. В 3 т. Т. 1. – М.: Таллинн, 1994.

7. РГИА. Ф. 25. Оп. 1. Д. 5827.

8. Брюханова И.А. Архитектор-строитель Политехнического института Э.Ф. Виррих // История Петербурга. 2005. № 6. С. 17–22.

УДК 342.7

К.К. Алиев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ КОНСТИТУЦИОННЫХ ОСНОВ СТАТУСА ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН И ЛИЦ БЕЗ ГРАЖДАНСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Актуальность: Выбранная тема очень актуальна потому, что потребность исследования вопросов правового статуса иностранных граждан и лиц без гражданства, пребывающих на территории Российской Федерации, определена масштабными изменениями в нормативной правовой базе и в обществе Российской Федерации в целом, а также в отдельных его субъектах. Данные перемены проявили значительное влияние на воздействие всего регулятора осуществления и реализации прав, свобод и обязанностей лицами, которые не состоят в устойчивой правовой связи с Россией.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства пользуются в Российской Федерации правами и несут обязанности наравне с гражданами Российской Федерации, кроме случаев, которые установлены федеральным законом или международным договором Российской Федерации [1].

Цель: комплексное исследование основных теоретических и практических аспектов определения конституционно-правового статуса иностранных граждан и лиц без гражданства в Российской Федерации, направленное на установление тенденций развития российского законодательства в этой сфере. Для достижения указанной цели были поставлены следующие *задачи*:

1. Проанализировать и дать характеристику современного состояния российского законодательства по определению конституционно-правового статуса иностранных граждан и лиц без гражданства в Российской Федерации.

2. Исследовать и сформулировать предложения по совершенствованию действующего законодательства, направленные на совершенствование механизма реализации конституционных прав и свобод исследуемой категории лиц.

В настоящее время на территории Российской Федерации все большее и большее распространение получают общественные отношения, которые непосредственно связаны с участием иностранных граждан и лиц без гражданства, что является прямым следствием демократизации нашего общества.

Федеральный закон от 25.07.2002 № 115-ФЗ «О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации» дифференцирует тех иностранных граждан, кто законно находится на территории Российской Федерации, на временно пребывающих, временно проживающих и постоянно проживающих. Отнесение данных лиц к одной из этих категорий определяется различным сроком пребывания на территории Российской Федерации [2].

Отношение к иностранным гражданам в различные эпохи отечественной истории было спорным и в большинстве случаев отражало особенности политического, экономического, социального, культурного развития России определенного периода. Между тем, отечественный опыт, который богат и многосторонен по регулированию прав и обязанностей иностранных граждан и лиц без гражданства не утратил своей теоретической и практической значимости на сегодняшний день [3].

Гражданство Российской Федерации – это устойчивая правовая связь лица с Российской Федерацией, которая определяется в совокупности их взаимных прав и обязанностей. Конституция Российской Федерации позволяет для своих граждан право иметь также гражданство иностранного государства, то есть двойное гражданство, но только в соответствии с федеральным законом или международным договором. Следовательно, отсюда вытекает, что и иностранный гражданин может иметь одновременно российское гражданство на основе соответствующего международного договора (между данным государством и Российской Федерацией) [2].

Приобретение гражданином Российской Федерации гражданства иного государства не влечет за собой прекращение гражданства Российской Федерации. Конституция ясно указывает, на то, что приобретение гражданином Российской Федерации иного гражданства не меняет его правового статуса как гражданина России. Действительно за ним сохраняются все права и свободы, и он не освобождается от обязанностей, которые вытекают из российского гражданства. Однако в этом же тексте в части 2 статьи 62 допускаются исключения из этого общего правила в соответствии с федеральным законом или международным договором Российской Федерации. Если же лицо с двойным гражданством находится на территории России, в гражданстве которой оно не состоит, то его следует считать иностранцем. Но в этой связи возникает вполне логичный вопрос о том, какое из этих иностранных гражданств необходимо считать определяющим, основополагающим. В данном исследовании автором было выявлено, что в действующем законодательстве прямого ответа на этот вопрос нет. Вместе с тем в ряде случаев это имеет определенное значение практического характера, прежде всего тогда, когда законодательство связывает определенные юридические последствия с принадлежностью лица к конкретному гражданству [4].

В таком случае следовало бы внести поправку в действующий федеральный закон Российской Федерации от 25.07.2002 № 115-ФЗ «О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации», а именно, добавить норму о документе, удостоверяющем личность иностранного гражданина, имеющего двойное гражданство. Автором было предложено ввести статью 10.2, которая будет определять принадлежность иностранного

гражданина к той стране, с которым он имел последние правоотношения. А именно, заграничный паспорт иностранного гражданина с двойным гражданством того государства, откуда он прибыл на территорию Российской Федерации.

В наши дни можно сказать, что лица без гражданства – это большая группа людей в Российской Федерации, права и свободы которых описаны в статье законодательства № 109-ФЗ от 18.07.2006 «О миграционном учете иностранных граждан и лиц без гражданства». Лица без гражданства – это физические лица, не обладающие статусом гражданина какой-либо страны. Невзирая на то, что лица без гражданства не могут признаваться полноправными гражданами в силу федерального законодательства, они обязаны подчиняться действующему законодательству принявшей их страны. Лица без гражданства (или апатриды, как они часто называются в узких кругах) наделены всеми правами человека, но все же не обладают основными привилегиями полноправного гражданина [5].

Также исследуя вопросы гражданства, автор данной работы столкнулся с проблемой употребления различных терминов в российской правовой системе и правовых системах развитых европейских государств. Речь идет о таких понятиях, как двойное и множественное гражданство. В законодательстве большинства развитых европейских государств используется такой термин, как множественное гражданство. Европейская конвенция о гражданстве 1997 г. оперирует такой же категорией, под которой подразумевается обладание одним и тем же лицом двумя и более гражданствами, то есть множественным гражданством [6].

Если сравнить определение двойного гражданства в российском Законе о гражданстве Российской Федерации № 62-ФЗ и определение множественного гражданства, которым оперирует Страсбургская конвенция, то можно увидеть, что нет никакого различия в приведенных содержаниях данных определений. А.В. Степанов в таком случае считает, что российским законодателем использовано более узкое понятие (двойное гражданство), хотя практически Конституция Российской Федерации употребляет схожее определение. Представим, что если бы в Законе № 62-ФЗ использовался термин «множественное гражданство», то никакого различия между Конституцией Российской Федерации и Законом о гражданстве Российской Федерации не было бы, кроме того, общепризнанные принципы и нормы международного права и международные договоры Российской Федерации не ограничивают возможность лица обладать только гражданством двух государств [7].

Анализируя действующее законодательство Российской Федерации, можно сказать, что конституционный принцип равноправия человека означает, что иностранный гражданин и лицо без гражданства воспринимается в России как личность, то есть человек со всеми естественными и приобретенными правами.

Как и граждане Российской Федерации, вышеуказанные лица пользуются теми же правами и свободами и несут те же обязанности, если иное не вытекает из Конституции Российской Федерации, и иных нормативных правовых актов российского законодательства. Иностранные граждане и лица без гражданства в Российской Федерации равны перед законом независимо от происхождения, социального и имущественного положения, расовой и национальной принадлежности, пола, образования, языка, отношения к религии, рода и характера занятий и других обстоятельств. Использование иностранными гражданами и лицами без гражданства прав и свобод не должно наносить ущерб интересам российского общества и государства, правам и законным интересам граждан Российской Федерации [8].

Согласно общим предписаниям каждый, кто законно находится на территории Российской Федерации, имеет право свободно передвигаться, выбирать место пребывания и жительства. Естественно, по объему данное право не одинаково для граждан Российской Федерации и иностранных граждан. Главным документом, который регулирует осуществление права, является Федеральный закон от 25 июля 2002 года № 115-ФЗ «О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации» [2].

Предусматривая право каждого на свободный выезд за пределы Российской Федерации, Конституция Российской Федерации признает право на свободный в нее въезд только за российскими гражданами (статья 27, часть 2), а право свободно передвигаться, выбирать место пребывания и жительства на территории Российской Федерации гарантирует только тем, кто находится на ней на законном основании (статья 27, часть 1). Эта норма соотносится с положениями Конвенции о защите прав человека и основных свобод, в том числе с ее статьями 3 и 8, а также с пунктом 1 статьи 2 Декларации о правах человека отношении лиц, которые не являются гражданами страны, в которой они проживают. Исходя из Декларации можно установить, что ее нормы не должны толковаться как ограничивающие право государства принимать законы и правила, касающиеся въезда иностранных граждан и условий их пребывания, или наоборот устанавливать различия между его гражданами и иностранными лицами и как узаконивающие незаконное проникновение иностранца в государство или его присутствие в государстве [9].

Вывод. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что «иностранный гражданин» – это лицо, которое находится на территории конкретного государства, но не является его гражданином, однако состоящее в гражданстве другого государства. Данный режим не является абсолютно одинаковым. В зависимости от степени подчиненности юрисдикции страны пребывания, иностранных граждан можно разделить на несколько категорий, о которых говорилось ранее.

Рассмотрев правовой статус иностранных граждан и лиц без гражданства, хотелось бы отметить, что на территории Российской Федерации, кроме граждан России, которые составляют значительную часть населения, постоянно проживают или временно находятся лица, не имеющие гражданства Российской Федерации – иностранные граждане или так называемые лица без гражданства. Термин «иностранцы» в литературе чаще всего используется в качестве собирательного понятия для обозначения двух категорий лиц: иностранных граждан и лиц без гражданства.

Конституция Российской Федерации объявляет права человека и его свободы высшей ценностью. Признание, соблюдение и защита прав и свобод человека и гражданина – обязанность государства.

Также в ходе данного исследования можно отметить тонкую грань между лицом без гражданства и иностранным гражданином. Первое, вытекающее понятие из иностранного гражданина, как отмечают некоторые правоведы, но иностранный гражданин подчиняется юрисдикциям двух или более стран в зависимости от законодательного урегулирования института гражданства той или иной страны, а лицо без гражданства подчиняется правовому регламенту той страны, на чьей территории оно пребывает на данный момент.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12.12.1993 (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30.12.2008 г. № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 г. № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 г. № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 г. № 11-ФКЗ) // Российская газета. – № 6338. – 24.07.2014 г.

2. О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации: федеральный закон от 25.07.2002 г. № 115-ФЗ: официальный текст по состоянию на 03.10.2018 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. – 28.02.2018 г. – № 1. – Ст. 82.

3. Авакьян С.А. Россия: гражданство, иностранцы, внешняя миграция. / С.А. Авакьян // СПб.: Издательство «Юридический центр Пресс». – 2003. – 643 с.

4. Келипова Л.В. Теоретико-правовые основы статуса иностранных граждан и лиц без гражданства в Российской Федерации / Л. В. Келипова // Журнал: Гражданин и право (Москва). – 2013. – № 4. – С. 44–55.

5. О миграционном учете иностранных граждан и лиц без гражданства в Российской Федерации: федеральный закон от 18.07.2006 г. № 109-ФЗ: официальный текст по состоянию на 02.05.2018 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. – 28.11.2015 г. – № 30. – Ст. 3285.

6. Европейская конвенция о гражданстве. (ETS № 166). [Электронный ресурс] // URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=23496#07730760676367174 [дата обращения 03.10.2018 г.].

7. Степанов А.В. Миграционный правопорядок как условие обеспечения миграционного правового статуса иностранцев и миграционной безопасности России. Монография. / А. В. Степанов // ФГБОУ ВПО Пермский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации. – Пермь, 2013. – 220 с.

8. Цыганков А.В. К вопросу об основных проблемах законодательства о правовом положении иностранных граждан и лиц без гражданства в Российской Федерации / А. В. Цыганкова // Журнал: Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Философия. Социология. Право. – 2011. № 14. – С. 220–231.

9. Определение Конституционного Суда Российской Федерации от 17.02.2016 N 5-П. По делу о проверке конституционности положений пункта 6 стати 8 Федерального закона Российской Федерации от 25.07.2002 № 115-ФЗ «О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации», частей 1 и 3 статьи 18.8 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях и подпункта 2 части первой статьи 27 Федерального закона Российской Федерации от 15.08.1996 №114-ФЗ «О порядке выезда из Российской Федерации и въезда в Российскую Федерацию» в связи с жалобой гражданина республики Молдова М. Цуркана // Собрание законодательства Российской Федерации. – 17.02.2016 г. – № 9. – Ст. 1308.

УДК 343.140.02

А.О. Зернов, Н.А. Липский
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕДМЕТ ДОКАЗЫВАНИЯ И ОБСТОЯТЕЛЬСТВА, ПОДЛЕЖАЩИЕ ДОКАЗЫВАНИЮ В УГОЛОВНОМ ПРОЦЕССЕ

На сегодняшний день в уголовном процессе возникла дискуссия, предметом которой является вопрос понятий предмет доказывания и обстоятельства, подлежащие доказыванию в уголовном процессе. Максимально точное определение данных понятий в практической деятельности оказывает непосредственное воздействие на принятие итогового решения судом. Дискуссия в научно-профессиональном сообществе по указанному вопросу ведется активная, что подтверждается работами Масловой М.В., Арендоренко И.А., Земцовой С.И., Новолодского Ю.М. и других, в связи с чем актуальность данной проблемы не вызывает сомнений. В процессе работы требуется решить некоторые задачи: определить понятия предмет доказывания и обстоятельства, подлежащие доказыванию в уголовном процессе и сущностное содержание этих понятий. Решение названных задач позволит достигнут цели работы, а именно, определить соотношение данных понятий. Для достижения поставленной цели мы будем использовать всяческие методы: индукция, дедукция, сравнение, анализ и прочие.

В 73 статье Уголовно-процессуального кодекса перечислены обстоятельства, которые необходимо доказывать в уголовном процессе: «1. При производстве по уголовному делу подлежат доказыванию: 1) событие преступления (время, место, способ и другие обстоятельства совершения преступления); 2) виновность лица в совершении преступления, форма его вины и мотивы; 3) обстоятельства, характеризующие личность обвиняемого; 4) характер и размер вреда, причиненного преступлением; 5) обстоятельства, исключающие преступность и наказуемость деяния; 6) обстоятельства, смягчающие и отягчающие наказание; 7) обстоятельства, которые могут повлечь за собой освобождение от уголовной

ответственности и наказания; 8) обстоятельства, подтверждающие, что имущество, подлежащее конфискации в соответствии со статьей 104.1 Уголовного кодекса Российской Федерации, получено в результате совершения преступления или является доходом от этого имущества либо использовалось или предназначалось для использования в качестве орудия, оборудования или иного средства совершения преступления либо для финансирования терроризма, экстремистской деятельности (экстремизма), организованной группой, незаконного вооруженного формирования, преступного сообщества (преступной организации). 2. Подлежат выявлению также обстоятельства, способствовавшие совершению преступления.» [1, ст. 73] Понятие «обстоятельства» устанавливает необходимость доказывания не выводов и суждений, а реальных событий, которые в действительности характеризуют объективную сторону преступного деяния. В случае, если хотя бы одно из обстоятельств, декларируемых в названой статье, не будет достоверно установлено, то не представляется возможным признать лицо виновным в совершении преступления. Указанный набор обстоятельств подлежит доказыванию по всем категориям уголовных дел и в отношении всех лиц, сведения о которых указывают на то, что они совершили преступление [2, стр. 257–258]. Говоря о событии преступления, следует учитывать, что преступное деяние совершается как в форме действия, так и в форме бездействия, то есть, осуществляя процесс доказывания события, необходимо установить преступное действие, которое было совершено, или установить бездействие, а точнее воздержание от действия, которое закон требует совершить. Применительно к вопросу виновности следует исходить из того, что «вина» и «виновность» понятие не тождественные, так как «вина» характеризует отношения лица, а «виновность» есть не что иное как совершение конкретным лицом (личностью) определенного деяния, которое запрещено Уголовным кодексом Российской Федерации. Мотивы совершения преступления есть квалифицирующий признак того или иного состава преступления, а значит они далеко не всегда подлежат обязательному доказыванию, то есть представляется не совсем корректным закрепление категории мотив преступления в универсальном перечне обстоятельств, которые подлежат доказыванию в уголовном процессе. Обстоятельства, которые характеризуют личность обвиняемого, есть индивидуальные личностные характеристики лица, посредством которых осуществляется индивидуализация мер наказания, предусмотренных Уголовным кодексом Российской Федерации. Данная составляющая представляется крайне важной в связи с тем, что отечественная правовая система основывается на идеях справедливости и свободы, на гуманистических началах правоприменительной практики, без которых невозможно осуществлять правоприменительную практику в современных условиях. Применительно к характеру и размеру вреда есть возможность говорить о том, что характер соответствует вреду, которые был нанесен потерпевшему, в том числе государству, а вот относительно размера существуют сложности, так как если причинён вред имуществу, то он, безусловно, определяется, основываясь на стоимости имущества, которое было подвергнуто деструктивному воздействию преступного деяния, а физический и моральный вред выражается в денежном эквиваленте, исходя из степени страданий, которые перенес потерпевший. Названный эквивалент зависит во многом от внутреннего убеждения суда, которое формируется в процессе разбирательства, то есть возможен существенный материальный «перекос» как в сторону потерпевшего, так и в сторону лица, которое обвиняется в совершении преступления. Доказывая обстоятельства, исключающие преступность и наказуемость деяния, существует необходимость, детерминированная принципом справедливости, заключающаяся в том, что если названные обстоятельства исследованы судом недостаточно, то не представляется возможным постановить обвинительный приговор, но необходимо осознавать, что известный обвинительный уклон в отечественных судах существует, подтверждение тому дело «двух А» [3, стр. 180]. Доказательство смягчающих и отягчающих наказание по замыслу законодателя должно

способствовать индивидуализации наказания в рамках той санкции, которую предусматривает Уголовный кодекс Российской Федерации за совершение того или иного преступного деяния, но при этом использование данных обстоятельств возможно только в том случае, если вина лица доказана, только их использование в качестве доказательств виновности не может существовать. Исходя из содержания статьи, мы можем сделать вывод о том, что законодатель не предлагает нам дефиницию в классическом виде, а предлагает ее сущностное содержание. Есть возможность говорить о том, что доказывать требуется не выводы, суждения и сведения, а объективно существовавшие события, которые наличествовали в действительности. Указанная в статье группа обстоятельств универсальна, однако таковые обстоятельства опровергаются или устанавливаются посредством определенных доказательств, которые уникальны в каждом совершенном деянии, обладающем признаками преступления. Безусловно, обстоятельства коррелируются с элементами состава преступления. Существуют также специальные предметы доказывания, которые определяются диспозициями тех или иных норм Уголовного кодекса Российской Федерации, но, по нашему мнению, эти специальные предметы доказывания и есть тот предмет доказывания, который существует в рамках конкретного уголовного дела. Однако перечень обстоятельств, подлежащих установлению с помощью доказательств, не исчерпывается только теми, которые непосредственно входят в предмет доказывания. При работе с косвенными доказательствами приходится устанавливать с помощью доказательств обстоятельства, которые непосредственно не входят в предмет доказывания. С помощью этих обстоятельств устанавливаются уже те обстоятельства, которые непосредственно входят в предмет доказывания. Пределы доказывания определяются также глубиной исследования каждого обстоятельства, входящего в предмет доказывания. Таким образом, есть возможность трактовать обстоятельства, подлежащие доказыванию в уголовном процессе следующим образом: обстоятельства внешнего (объективно существующего) мира, набор общих качеств, которые выразились в реальных явлениях, событиях характеризующие любое преступление.

Новолодский Ю.М. считает, что «предмет доказывания в уголовном деле – это уникальный набор фактических обстоятельств, которые следует доказать в целях формирования у суда итоговых знаний, необходимых для вынесения по делу одного из предусмотренных законом итоговых решений» [3, стр. 46]. Конкретное уголовное дело имеет в своей основе свой, присущий только данному деянию, состав искомых обстоятельств по данному уголовному делу. Безусловно, мы не можем отождествлять фактологический предмет доказывания, который определяет сторона обвинения и который определяет сторона защиты для формирования у суда итоговых знаний о деле, они не совпадают в связи с различными целями и задачами сторон помимо главной, естественно. По мнению Новолодского Ю.М., максимально точное выявление набора обстоятельств, которые входят в предмет доказывания, уяснение внутреннего содержания таковых обстоятельств дает возможность придать процессу доказывания по каждому конкретному (уникальному) уголовному делу требуемую целенаправленность и определенность. [3, стр. 47]. Содержание предмета доказывания в деле вырабатывается совокупностью обстоятельств, установление которых требуется для утверждения материальных качеств определенного деяния. Доказывание успешно только в том случае, если каждое из искомых обстоятельств будет достоверно подтверждено посредством доказательств, то есть иных фактов, не находящихся в состоянии противоречия друг с другом и имеющих в своей базе объективно наличествующую связь с преступлением.

Новолодский Ю.М. считает, что «в последние десятилетия появилась тенденция сознательного невнесения в постановление о привлечении в качестве обвиняемого новых обстоятельств, характеризующих исследуемое преступное деяние, выявленных после первоначального предъявления обвинения» [3, стр. 49], что, безусловно, отрицательно

сказывается на содержании предмета доказывания в каждом конкретном уголовном деле. Предмет уголовно-процессуального доказывания, по мнению Масловой М.В., помогает ответить на вопрос о том, какие обстоятельства требуется доказывать по конкретному головному делу, а целью доказывания выступает познание события преступления, имевшего место в прошлом, а равно всех обстоятельств, подлежащих установлению по делу, в связи с тем, каким образом они имели место в объективной реальной действительности [4].

Завершая исследование соотношения понятий предмет доказывания и обстоятельства, подлежащие доказыванию в уголовном процессе, решив поставленные в работе задачи и отвечая на вопрос, мы имеем возможность сделать некоторые выводы. Итак, во-первых, под обстоятельствами, подлежащими доказыванию в уголовном процессе представляется целесообразным понимать, как обстоятельства внешнего (объективно существующего) мира, набор общих качеств, которые выразились в реальных явлениях, событиях характеризующие любое преступление; во-вторых, под предметом доказывания, на наш взгляд, разумно полагать уникальный набор фактических обстоятельств, установление которых требуется для утверждения материальных качеств индивидуально определенного деяния, уяснение внутреннего содержания таких обстоятельств, не отождествляемых сторонами уголовного процесса, которые следует доказать в целях формирования у суда итоговых знаний, необходимых для вынесения по делу одного из предусмотренных законом итоговых решений; в-третьих, определяем соотношение понятий обстоятельства, подлежащие доказыванию в уголовном процессе, и предмет доказывания как часть и целое, то есть предмет доказывания есть ничто иное как уникальная совокупность обстоятельств, подлежащих доказыванию в уголовном процессе по индивидуально определенному уголовному делу со своим конкретным формально-определенным составом преступления. Крайне важно понимать, что предмет доказывания и обстоятельства, подлежащие доказыванию в уголовном процессе находятся в перманентной связи, которую определяют указанные обстоятельства для предмета доказывания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 18.12.2001 № 174-ФЗ: офиц. текст по состоянию на 29.07.2018 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 24.12.2001. – № 52. – Ст. 4921.

2. Гриненко А.В. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации: постатейный научно-практический комментарий: учебное пособие / А.В. Гриненко. – Москва: Проспект, 2018. – 1040 с.

3. Новолодский Ю.М. Доказывание в практической деятельности адвоката-защитника: монография / Ю.М. Новолодский. – СПб.: ООО «Р-КОПИ», 2016. – 256 с.

4. Маслова М.В. Сущность уголовно-процессуального доказывания в условиях состязательного судопроизводства / М.В. Маслова // Современное право. – 2015. – № 6. – С. 113–120.

УДК 349.6

А.С. Матвеенко, Н.В. Туркин, Т.А. Долгополова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Актуальность. Современная Арктика представляет собой особенный регион, в который заложен потенциал для активного развития, что привлекает множество стран. Понятие развитие Арктики» включает в себя такой элемент как освоение, потому что данный регион наименее изучен. Главной задача современного государства – это установить сотрудничество с другими государствами, входящими в арктическую зону для дальнейшего

бесконфликтного и взаимовыгодного сотрудничества. Этот момент необходимо понимать, т.к. развитие данного региона не представляется возможным вне рамок международного сотрудничества.

В современных условиях Арктика является важнейшим для изучения регионом не только для Российской Федерации, стран ШОС, ЕАЭС, но и для Соединенных Штатов Америки, Канады, Японии, а также других стран. Арктика содержит в себе неоценимые запасы природных ресурсов, которые хотят заполучить многие страны, поэтому ценность данного региона особенно возрастает.

Цель работы – проанализировать текущее экологическое состояние арктической зоны, выявить проблемы и установить возможные пути их решения, установить законодательные нормы, принятые международным сообществом для регулирования сфер влияния в данном регионе.

За 2017 год в Арктике было добыто около 76 млн. тонн нефти, и прогнозируется, что объемы добычи будут расти вплоть до 2026 года, достигнув значений в 122 млн тонн в год. Это дает нам понять, что данный регион очень востребован, но не стоит забывать и о безопасности Арктики. Необходимо получить наиболее выгодные для всех стран безопасные условия, которые будут включать не только отсутствие противостояний и конфликтных ситуаций, но также и безопасность для самого Арктического региона в целом [1].

На наш взгляд, па первый план выходят следующие задачи объединения правового экологического и экономического сотрудничества:

1. Сотрудничество стран ШОС и ЕАЭС в использовании ресурсов Северного Ледовитого океана в пределах национальной юрисдикции Российской Федерации.

2. Разработка правового основания и технического решения объединения транспортных путей, связывающих евразийское пространство, таких как Северный морской путь и «Новый шелковый путь» с учетом сотрудничества стран Центральной Азии (КНР, Республика Узбекистан, Республика Туркменистан, Исламская республика Иран, Республика Азербайджан).

3. Разработка эффективного экологического механизма прибрежных районов российского Севера.

4. Для координации и более эффективного управления предлагаем создать помимо Арктического совета Ямало-ненецкую организацию сотрудничества в Арктическом бассейне (ЯНОСАБ), объединяющую международное сотрудничество в области решения энергетических, экологических и транспортных задач в пределах использования арктического пространства.

5. Для более эффективного использования финансовых средств ЯНОСАБ разработать антикоррупционный механизм контроля и надзора за расходованием выделяемых грантов и средств.

Сотрудничество стран в освоении ресурсов арктической зоны представляется весьма перспективным не только для ЕАЭС и стран евроазиатского пространства, но и для многих стран северного и южного полушария.

Россия, Канада, Гренландия, США, Исландия, Норвегия, Швеция и Финляндия составляют Арктический Совет – организацию, регулирующую аспекты международного взаимодействия в регионе. Деятельность данных стран направлена на взаимовыгодное сотрудничество в различных областях, в том числе в сфере предотвращения наступления возможных негативных экологических последствий для региона. Совместная работа стран направлена также на сотрудничество в морской, авиационной и поверхностной сферы деятельности.

1. Климатическое состояние Арктики – это экологическое состояние всей планеты в целом, и в случае возникновения экологических рисков его последствия скажутся на всей планете в целом. Поэтому Арктика является своеобразным «конструктором» мирового

климата, здесь он формируется. С изменением климата, а именно всемирным потеплением происходит активное таяние арктических льдов, на основании произведенных исследований температура в данном регионе поднялась до рекордного уровня в сравнении с другими годами. По прогнозам исследователей Арктики, к 2033 году арктический лед полностью будет таять на летний период времени, а к 2080 годам он перестанет появляться, даже в зимний период времени и земля лишись ледяной шапки.

2. Данное изменение климата повлияет на жизнь большей части планеты, суша во многих местах будет затоплена, изменится карта мира, некоторые государства вовсе пропадут. Важнейших магистралей не будет, таких как: газопроводов, автомобильных дорог, железных дорог, различных сооружений, конструкций и инфраструктуры в целом. В результате таяния ледников произойдут выбросы в воздух активного метана и других газов, которые являются губительными для живых организмов.

Произойдет загрязнение мировых вод, нефтепродуктами, а также различными другими вредными химическими веществами. В атмосферу поднимутся тяжелые металлы, которые в небольшой дозе оказывают токсическое отравление, а в крупной дозе являются губительными для человеческого организма. Сразу станет заметно влияние на природу и выбросы в воды продуктов с плавучих нефтескважин, возникновение пожаров, разрушение оборудования, неправильная координация персонала в аварийной ситуации, разлив [2, с. 54].

На данном этапе развития Российской Федерации власти в полной мере осознают необходимость и важность в поддержании экологической безопасности в Арктике, а также применяют ряд мер, направленных на сохранение природы Арктики. В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», принятыми в 2008 г., к основным национальным интересам в этом регионе относится «сбережение уникальных экологических систем Арктики». Мерами по реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности в арктической зоне Российской Федерации являются: установление особых режимов природопользования и охраны окружающей природной среды, включая мониторинг ее загрязнения; рекультивация природных ландшафтов; обеспечение химической безопасности, в первую очередь, в местах компактного проживания населения [3].

Можно выделить особенности (проблемы), возникающие в арктическом регионе:

- низкий уровень передела, сопровождающийся образованием больших объемов отходов, в том числе низко концентрированных сточных вод;
- низкая устойчивость экологических систем, определяющих биологическое равновесие и климат Земли, и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий;
- низкая скорость восстановления возобновляемых природных ресурсов, делающая их фактически не возобновляемыми в реальном масштабе времени;
- низкая скорость природных биогеохимических циклов химических элементов;
- низкие первичная продукция экосистем и эффективность передачи энергии на более высокие трофические уровни, низкое видовое разнообразие, стенобионтный характер местных видов, что снижает самоочищающуюся способность природных систем Арктики и их устойчивость к внешним воздействиям.

Также существуют и иные проблемы, к числу которых можно отнести особые процессы в обеспечении сохранности экологии; необходимо создать условия для реализации экологической безопасности, к таким условиям можно отнести:

- проблема в формировании квалифицированных управленцах, для организации работы в Арктической зоне;
- формирование систематизированных научных изданий для формирования правильного представления о деятельности в Арктическом регионе;

- отсутствие эффективного использования возобновляемых и не возобновляемых природных ресурсов Арктики, для преодоления которых достаточно использование передовых технологий, к примеру, малозатратных энергоресурсов;

- проблема обеспечения сохранения биологического разнообразия арктической флоры и фауны, в том числе путем расширения сети особо охраняемых природных территорий и акваторий, с учетом национальных интересов Российской Федерации, необходимости сохранения окружающей природной среды в условиях расширения экономической деятельности и глобальных изменений климата. Так же необходимо сформировать более насыщенные по содержанию международные нормативно-правовые акты, которые будут обязательны для всех стран, принимающих участие в освоение Арктического региона [4, с. 13–14].

Вывод. Подводя итог, стоит сказать, что на данный момент экологическое состояние Арктической зоны находится в большой опасности, ввиду проблем, которые были указаны выше. Законодательство Российской Федерации находится на уровне, соответствующем уровню развития общества, но решение проблем Арктики является международной задачей. Таким образом, необходимо не только совершенствовать законодательство Российской Федерации, но и реализовать эти изменения для дальнейшего способствования освоению Арктики.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мазур И.И. Арктика – точка бифуркации в развитии глобального мира: монография / И.И. Мазур // Соционауки. – 2014. – № 10.

2. Иванов И.С. Арктический регион: Проблемы международного сотрудничества: учебник в 3 т. / И.С. Иванов. – М.: Аспект Пресс, 2013. – Т. 1. – 170 с.

3.Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу: постановление правительства Российской Федерации утв. Президентом Российской Федерации 18.09.2008, № Пр-1969 // Российская газета. – № 53п. – 30.03.2009.

4. Котельников В.А., Ключникова Е.М. Экологическая безопасность Арктики: национальный общественный стандарт (под ред. Кашулина Н.А., Маслобоева В.А.) / В.А. Котельников. – М.: Проект, 2016. – 88 с.

УДК 632.93

П.В. Тысяк, Т.А. Долгополова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Актуальность. 2017 год в России (указом президента от 5 января 2016) объявлен годом Экологии. Одного года не хватило для решения всех экологических проблем в нашей стране. Но главная цель указа – привлечь внимание к вопросам экологии и выявить наиболее острые проблемы. Поэтому мы выбрали тему из экологической сферы, на наш взгляд, входящую в перечень наиболее актуальных: регламенты применения пестицидов для безопасности жизнедеятельности.

С точки зрения Агрономии, надо отметить, что Пестициды – это яды (химические или биологические), отравляющие живые организмы. Они имеют широкий спектр применения: в сельском хозяйстве их используют для борьбы с болезнями растений, для уничтожения вредителей, стимулирования роста растений и т.д. Обладая высокой токсичностью, пестициды, при введении в живой организм вызывают серьёзные функциональные изменения вплоть до летального исхода. В связи с тем, что негативное влияние пестицидов на живые организмы доказано, это не отменяет их использование. В настоящее время промышленное земледелие не сможет совсем обойтись без пестицидов, так как они являются

единственным средством борьбы с вредителями. В связи с этим законом нельзя запретить использование пестицидов. Есть необходимость четко определить требования и регламенты применения для регулирования их вредного воздействия [1, 2].

Цель работы – анализ эффективности правового регулирования в сфере применения пестицидов.

55 лет назад американская журналистка Рейчел Карлсон (книга «Безмолвная весна») одна из первых привлекла внимание общественности к негативному воздействию пестицидов на животный мир. Рейчел пишет, что именно злоупотребление и неправильное использование людьми пестицидов, вызывают угнетающие последствия.

Спустя полвека, мнение не изменилось. Профессор Попов Леонид Михайлович, утверждает, что систематическое использование стойких высокотоксичных пестицидов уничтожает полезные микроорганизмы, насекомых и червей, отравляет птиц, рыб, других животных, которые попадая на стол человеку, отравляют и его. В организме человека яд нарушает деятельность центральной нервной системы и жизненно важных органов, вызывает аллергии и хромосомные аномалии.

Выявляя наиболее токсичные пестициды, необходимо ужесточить требования к их использованию, синтезировать менее вредные схожего действия или вовсе запретить [1].

Проанализируем нормативную базу по этому вопросу и некоторые требования к безопасности применения. Государственное управление в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами стоит на стыке сразу нескольких отраслей права: аграрного, экологического и административного.

Безопасное обращение с пестицидами в целях охраны здоровья людей и защиты окружающей среды устанавливается Федеральным законом № 109-ФЗ от 19.07.1997 года «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами».

Основы безопасности работы с пестицидами изложены в следующих документах: Федеральный закон "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30.03.1999 года N 52-ФЗ (с изменениями на 3 августа 2018 года); ГОСТ 12.3.041-86 «Применение пестицидов для защиты растений. Требования безопасности», «Правила по хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов» (утв. Минздравом Российской Федерации, Минсельхозпродом Российской Федерации 29.04.1999 года), а также «Инструкции по профилактике отравления пчел пестицидами» от 14. 06.1989 года, СанПиН 1.2.2584-10 «Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов» (введены 25.05.2010 года), СанПиН 1.2.1330-03 «Гигиенические требования к производству пестицидов и агрохимикатов» (введены 30.06.2003 года) [3].

Таким образом, во второй половине 90-х годов прошлого века были приняты базовые нормативно-правовые акты, регулирующие обращение с пестицидами и агрохимикатами.

Государственное управление в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами осуществляет Правительство Российской Федерации непосредственно или через специально уполномоченные им федеральные органы исполнительной власти.

Общие принципы правового регулирования применения пестицидов базируются на том, что:

• безопасность применения пестицидов и агрохимикатов обеспечивается соблюдением установленных регламентов и правил применения, которые, в свою очередь, являются обязательными для всех землепользователей, т.е. имеют императивный метод правового регулирования;

• ответственность за выполнение установленных требований возлагается на руководителей предприятия;

• препараты применяются строго в соответствии со «Списком пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» на соответствующий год;

• химическая обработка и установление целесообразности применения пестицидов на территории проводится и оценивается компетентными специалистами [2].

За нарушение правил применения и иного обращения с пестицидами и агрохимикатами статьей 8.3 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях предусмотрена административная ответственность, в виде наложения административного штрафа на граждан в размере от одной тысячи до двух тысяч рублей; на должностных лиц – от двух до пяти тысяч рублей; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, – от двух тысяч до пяти тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток; на юридических лиц – от десяти до ста тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток [4].

Кроме того, нарушения требований безопасности при проведении работ с пестицидами и агрохимикатами может повлечь применение мер уголовной ответственности.

Так, статьей 254 Уголовного кодекса Российской Федерации предусмотрена ответственность за отравление, загрязнение или иную порчу земли вредными продуктами хозяйственной или иной деятельности вследствие нарушения правил обращения с удобрениями, стимуляторами роста растений, ядохимикатами и иными опасными химическими или биологическими веществами при их хранении, использовании и транспортировке, если это повлекло причинение вреда здоровью человека или окружающей среде. Данное деяние наказывается штрафом в размере до двухсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до восемнадцати месяцев, либо лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до трех лет, либо обязательными работами на срок до четырехсот восьмидесяти часов, либо исправительными работами на срок до двух лет. В случае, если данные деяния повлекли по неосторожности смерть человека, наказание может быть назначено до пяти лет лишения свободы [5].

Законодательство в сфере экологии только формируется, имеет большие предпосылки к развитию и обогащению. Поэтому необходимо стимулировать желание граждан участвовать в исправлении экологической ситуации.

Изучив регламенты безопасного применения пестицидов и агрохимикатов, мы предлагаем следующее:

1. Пересмотреть значимость нормативно-правовых актов, принятых 20–30 лет назад, с учетом последних научных данных, своевременно вносить в них изменения, соответствующие новым научным достижениям и открытиям. Правовое регулирование должно «идти в ногу» с наукой. Для этой цели следует привлекать к разработке правовых актов специалистов в области агрономии, агрохимии и биологии, способных профессионально анализировать воздействие пестицидов на окружающую среду, формировать определенные правила их применения для последующего создания механизмов правового регулирования в этом вопросе. Данные специалисты компетентны в проведении мониторинга вредителей и отслеживании устойчивости насекомых к тем или иным пестицидам и агрохимикатам. Эти знания обеспечат качественную и целенаправленную борьбу с вредителями.

Предлагаем максимально задействовать в экологической экспертизе специалистов агрономической токсикологии, которые занимаются синтезом эффективных пестицидов, разработкой экологически безопасных препаратов и так далее. Также необходимо увеличивать бюджетное финансирование научной сферы в данной области.

Следует отметить, что срок действия санитарно-эпидемиологического заключения на определённый пестицид, устанавливающего правила его применения, после проведения экспертизы составляет 10 лет. Сроки действия многих заключений давно закончились, поэтому необходимо проведение новых экспертиз.

Кроме того, постоянно производят новейшие пестициды, требующие правового регулирования их применения. Поэтому важно постоянно актуализировать действующие нормы в сфере обращения с пестицидами.

2. Повысить уровень ответственности за нарушение безопасности использования пестицидов (например, увеличить штрафы). Поддерживать императивный характер правового регулирования.

При этом наказание за нарушение норм и правил безопасного обращения с пестицидами должно быть дифференцированно в зависимости от класса опасности пестицидов и последствий такого нарушения.

3. Выявлять действительно эффективные пестициды. Для этого необходимо вести постоянный мониторинг вредителей, отслеживать их численность и устойчивость к препаратам.

4. Рассмотреть другие методы защиты растений, кроме применения пестицидов. Например, способствовать развитию генной инженерии, т.к. за последние десятилетия никаких опасностей от генетически модифицированных растений не найдено, а с помощью трансгенеза можно создать сорта устойчивые к вредителям.

Вывод. Таким образом, можно сделать вывод о том, что первостепенное значение в правовом регулировании в сфере применения пестицидов имеет развитие науки, в том числе поддержка со стороны государства, а также консолидация науки и права в решении вопросов правового регулирования, позволяющая обеспечить профессиональный и объективный подход в практике применения правовых норм.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 г. № 63-ФЗ (ред. от 07.02.2017 г.) // Собрание законодательства РФ. 1996. № 25. Ст. 254.

2. Федеральный закон Российской Федерации от 19.07.1997 г. № 109-ФЗ (ред. от 17.06.2017 г.) «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» // Собрание законодательства РФ. – 2009. – № 109. – Ст. 3510.

3. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ: офиц. текст по состоянию на 28.11.2018 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 1. – ст. 8.3.

4. Пестициды в экосистемах: Проблемы и перспективы: Аналитический обзор. – Новосибирск: СО РАН, ГПНТБ, 1994. – 142 с.

5. Небытов В.Г. Нормативно-правовое регулирование в сфере применения пестицидов. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2017. – 5 с.

УДК 349.6

А.А. Щербуха, Д.С. Ефремов, Е.В. Максимова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСТОРИКО-ПРАВОВОЙ АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ ОБЪЕКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Актуальность темы выражается в высокой степени значимости исторического опыта, который необходимо использовать для улучшения правового регулирования в современном обществе. Историко-правовой анализ обеспечения сохранности объектов растительного и

животного мира на особо охраняемых природных территориях позволит выявить основные тенденции изменения законодательства, особенности правового регулирования в прошлом и настоящем. Используя правовой опыт прошлых поколений, можно добиться оптимизации действия нормативных правовых актов и минимизировать пробелы в законодательстве Российской Федерации, а именно в части правового обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира.

Цель данной работы заключается в поиске эффективных путей решения имеющихся правовых проблем в сфере обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира на особо охраняемых природных территориях путем проведения историко-правового анализа.

Задачи – проанализировать особенности правового обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира в XX веке, сравнить результаты проведенного анализа с нынешней ситуацией в сфере правового обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира в наши дни.

В данной работе используются следующие *методы научного исследования*: всеобщий диалектический метод, сравнение, анализ, синтез, дедукция, индукция, наблюдение, описание и другие методы.

Главной особенностью заповедных зон периода Союза Советских Социалистических Республик было их высокое научное значение. «Исключительно для решения научных и научно-технических задач страны» [1], так сказал В.И. Ленин в одном из своих декретов.

Как и в наши дни, в XX веке территориям, выбираемым под заповедные зоны, предъявляли определенные требования:

- минимизация человеческого влияния на природу будущего заповедника;
- наличие на территориях будущих заповедников редких объектов растительного и животного мира, нуждающихся в повышенном уровне защиты;
- будущая заповедная зона должна иметь такие природные объекты, которые смогут обеспечить жизнедеятельность всех, проживающих на ней объектов растительного и животного мира, без вмешательства со стороны человека.

В СССР уделяли достаточно много внимания кадрам, работающим в заповедных зонах. Это должны были быть не просто волонтеры или студенты, ищущие подработку, а специально обученные научные работники, которые смогут организовать максимально комфортные условия для жизнедеятельности обитателей заповедника.

Если углубиться в историю, то можно заметить, что заповедные территории существовали еще со времен Киевской Руси. В то время назначение заповедников было несколько иным, на их территориях не только охранялись редкие виды животных и растений, но воспроизводились те виды, которые были популярны для охоты, рыболовства. «69. Если кто украдет бобра, то (платить) 12 гривен» [2]. Тем самым заповедные территории обеспечивали пищей местное население. Так или иначе в заповедниках пытались сберечь виды и по возможности их воспроизвести.

При феодализме заповедные территории отошли церкви, но их назначение не поменялось. Активную политику по защите объектов растительного и животного мира вел Петр I, он издавал различные указы, например,

«О нестрелянии лосей в Санкт-Петербургской губернии» [3] 22 апреля 1714 года:

«…Санкт-Петербургской Губернии в городах и в уездах всяких чинов людем лосей, где они есть, против прежняго обыкновения не стрелять и не бить. А ловить их, ежели кто похочет живых... Тем людем, кто их поимает, по отпискам их дано будет из Его Государевой казны за всякаго лося по 5 рублей. А буде кто впредь... лосей станет стрелять и бить, а не живьем ловить... на таких противниках взят будет штраф большой, да им же учинено будет жестокое наказание».

«О сбережении, дубовых на кораблестроение лесов, о запрещении рубить оные и подсушивать, и о наказании за преступление сего указа» 28 декабря 1717 года:

«...Писал к Нам Вице-Губернатор Казанской Кудрявцов, что дубовые леса, годные к корабельному строению, не берегут, но рубят и подсушивают; что он осмотрел в Нижегородской Губернии, и те люди, которые явились в том преступлении, сысканы в Нижний; того для, по получении сего указа поезжай в Нижний, и о том розыщи подлинно и преслушникам указа учини жестокое наказание и разорение отнятием всего их имения, и потом подтверди указами с жестоким штрафом, чтоб леса дубовые берегли, не рубили и не подсушивали».

«О битии мясникам скотины в показанном месте» 11 сентября 1719 года:

«...На Адмиралтейском острову в новопостроенном на Мье реке мясном ряду мясникам скотины никакой не бить, а бить скотину в показанном им месте за пильными мельницами на острову за Мухановым двором и обрядя, всякую скотину в тот мясной ряд привозить и продавать невозбранно по прежним указам, за присмотром определенных к надзиранию, для того, что в том мясном ряду мясники бьют скотину и внутренность в показанное им место не убирают и бросают близ того ряда, от чего мерзостной дух происходит и нечистота, и по реке от такаго духа проехать с нуждою, о чем онаго мяснаго ряда мясникам многажды подтверждено, дабы они внутренности скотския возили за пильные мельницы в показанное место; но оные презря все таковое предложение, явились в том преслушны; и ежели впредь по объявлении сего указа явятся преслушны, також в том ряду полки и лавки и прочее все оное место в чистоте содержать и около себя чистоты иметь не будут, и на таковых преслушниках брать штрафы...» [3].

В 1722 году был реализован очень важный шаг в отношении защиты объектов растительного и животного мира: леса были разделены на «заповедные» и «незаповедные». Помимо этого, появились водоохранные зоны. Данные изменения это начало длинного пути по становлению российского законодательства в области обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира на особо охраняемых природных территориях. Когда в государстве началась капитализация, некоторые заповедные зоны стали частной собственностью. Это привело к массовому уничтожению объектов растительного и животного мира, что оставило неизгладимый шаг на российской природе. Несмотря на всю трагичность ситуации, эта жертва не была напрасной, благодаря осознанию допущенных ошибок человечество о высокой степени значимости внедрения правовых норм в области обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира и что немало важно о значимости внедрения института ответственности за экологические правонарушения и соответствующего государственного органа, который будет осуществлять контроль и надзор за соблюдением законодательства.

Уже в XIX веке начинается активная борьба населения за создание заповедных зон. Богатые граждане выкупали земли и организовывали там заповедники, бедное населения выступало с инициативой об организации особо охраняемых природных территорий к государству. Совместными усилиями были созданы различные заповедники, организованы особые условия охоты, все направлено на обеспечение сохранности объектов растительного и животного мира.

В XX веке в России стали организовывать специализированные природоохранные организации, например, Постоянная природоохранная комиссия. Данная комиссия через три года после начала своей деятельности, а именно в 1915 году уже представила проект о заповедниках. Заповедники организовывались в научных и культурных целях, но право организации лежало на государстве.

Природу стали сравнивать с ценным объектом искусства, который необходимо бережно хранить и при необходимости восстанавливать, не жалея времени и денег. Такой подход позволил значительно улучшить состояние заповедных зон и других особо

охраняемых природных территорий и самое главное улучшить условия обитания объектов растительного и животного мира [4].

Как было сказано выше, в СССР заповедники играли в основном научную роль, особенности поведения животных изучали в естественных условиях, что позволяло значительно расширить базу имеющихся знаний о природе. Эти знания были полезны и в хозяйственной деятельности и в культурной. Изучая естественную среду животных и растений, ученые могли почерпнуть массу полезной для общества информации. Самое главное подобные наблюдения и поддержание естественной среды обитания способствуют воспроизводству различных видов животных и растений. Уже не мало исчезающих видов были спасены благодаря качественной работе сотрудников заповедников и должного финансирования как со стороны государства, так и со стороны частных инвесторов.

Как показывает практика полное отсутствие вмешательства в естественную среду обитания невозможно предусмотреть. Существуют животные, которые без помощи человека могут погибнуть, растения, которые начинают исчезать из-за изменения климата. Современное оборудование может помочь таким видам адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. Тем не менее, важно стараться минимизировать подобное вмешательство и прибегать к нему лишь в исключительных случаях, когда под угрозой находится жизнь животного или растения, а иногда и целого вида.

Выводы. Краткий историко-правовой анализ обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира на особо охраняемых природных территориях показывает, что к должной защите заповедников и их обитателей шли очень долго, к сожалению, этот путь был нелегким, многие живые существа отдали свои жизни из-за алчности людей. Как часто бывает, для того, чтобы человечество начало двигаться в нужном, правильном направлении необходимо что-то масштабное и негативное. В данном случае толчком послужило массовое уничтожение животных во время капиталистического уклада жизни. Развитие частной собственности опережало создание законодательства, необходимого как система сдержек и противовесов по отношению к частноправовому произволу. Пожалуй, один из самых важных выводов, который стоит сделать из историко-правового анализа обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира – это необходимость в первую очередь задумываться о безопасности окружающей нас среды, о заповедных зонах и иных особо охраняемых природных территориях. Зачастую, не задумываясь о последствиях, которые могут крайне негативно отразиться на объектах растительного и животного мира, мы можем столкнуться с проблемами еще большими по отношению к тем, с которыми боролись изначально. Грамотный, глубокий анализ внедрения каких-либо изменений поможет избежать негативных последствий и подготовить людей к предстоящим изменениям.

ЛИТЕРАТУРА:

1. № 492. Декрет Совета Народных Комиссаров. Об охране памятников природы, садов и парков. Собрание узаконений и распоряжений правительства за 1921 г. Управление делами Совнаркома СССР. – М., 1944. – С. 813–814.

2. Русская Правда. Суд Ярослава Владимировича. Русский закон. – URL:http://his95.narod.ru/rus_pr2.htm (дата обращения: 12.10.18, 13:40).

3. Указ Петра I «О нестрелянии лосей в Санкт-Петербургской губернии». 1714 г. Собрание законов Российской Империи т. 21. С. 315. – Изд-во СПб., 1912 // Библиотека Гумер: http://www.gumer.info/bibliotek.

4. Конституция Российской Федерации 1993 в ред. ФЗ РФ от 20.04.2017 г. СЗ № 1240 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ 3
Петров С.Г. Обоснование основных параметров фундамента ветроэлектрической установки в арктических условиях 3
Позняк А.В., Васильева Т.О., Бухарцев В.Н. Прочность контакта подошвы секции бетонной плотины и основания 8
Жукова М.С., Полякова В.Д., Павлов С.Я. Конструкции и сравнительный анализ септиков для индивидуального дома 12
Семашкина Д.О. Эффективная работа узловых соединений диагонально-сетчатых оболочковых каркасов 17
Харсеев А.Е. Гидротехническое сооружение для увеличения грузооборота нефти на Дальнем Востоке 21
Яваров А.В., Головченко Ю.Ю., Гребенюк Е.А. Сопряжение конечных элементов с различным числом степеней свободы в узлах при совместных расчетах сооружений и их оснований 26

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ 31
Галышев Ю.В., Добрецов Р.Ю., Красильников А.А. Автоматизированные коробки перемены передач для машин «Петербургского тракторного завода» 31
Хабарова М.А., Смирнов К.Н., Ермакова Ю.В., Квасников В.П., Тринченко А.А., Парамонов А.П. Сокращение капитальных затрат путем оптимизации тепловой схемы парового котла 35
Клюев А.С., Иванов Е.А., Борщев И.О. Цифровая модель фильтра насоса типа VS4 39
Бочаров Ю.Н., Кузнецов В.Ю. Анализ влияния установки опор из композиционных материалов на распределение электрического поля вдоль гирлянды изоляторов 44
Сафонов Е.П., Фролов В.Я., Лозинова Н.Г. Компьютерное моделирование воздействия грозового импульса на высоковольтный тиристорный вентиль 49
Тупицина А.Л., Лямов А.С., Смоловик С.В., Рындина И.Е. Влияние объединенного регулятора потока мощности на демпферные свойства электропередачи 53
Винцаревич А.В., Герасимов Д.В., Ямашкин М.В. Градиентная теплометрия в исследовании теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя 57

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА 62
Рулимов А.А., Немов С.А., Петрова А.В. Особенности процесса горячей экструзии применительно к получению термоэлектрических материалов на основе теллуридов сурьмы и висмута 62
Дронова М.Г., Семенча А.В., Колбасников Н.Г. Исследование термомеханических свойств стекол As-S-Se-I для инфракрасных светодиодов 66
Новожилова О.С., Синёва С.И., Старых Р.В. Исследование фазовых равновесий в высокотемпературной области трехкомпонентной системы Co-Cu-Ni с применением комплекса экспериментальных методов 69
Батасов А.В., Коджаспиров Г.Е. Стуктурообразование в стали класса прочности 690, предназначенной для изготовления кузовов и платформ большегрузных автомобилей 72
Юдин И.Н. Определение параметров теплового источника для случая одновременной двусторонней лазерно-дуговой сварки тавровых соединений протяженных конструкций 75

Уткин Г.А., Чеусова А.И., Самокутяев А.В., Брянский А.А., Целовальникова А.А. Разработка автоматизированного лабораторного стенда для синтеза покрытий на углеволокне методом золь-гель.....79
Филатов Н.С., Власенко В.М., Фомин И.С. Внедрение средств автоматизированной разметки графических данных на базе нейронной сети YOLO в программное обеспечение для аннотации изображений.....84
Голубчиков Е.А., Пятлин А.В., Кузин А.К., Шабров Н.Н. Функциональная визуализация и обработка сверх больших данных результатов предсказательного моделирования в задачах аэродинамики.....88
Цветков А.С., Теплухина И.В. Влияние продолжительности гомогенизирующего отжига на выравнивание концентрационного профиля литой структуры аустенитной стали.....94
Калатозишвили И.В., Арсентьева К.С., Мамутов В.С. Компьютерный расчет особо тонколистовой вытяжки в инструментальных штампах.....98
Хлопков Е.А., Макарова Т.А. эволюция температурных полей вблизи интервала прямого мартенситного превращения в цилиндрах и пластинах из сплавов с эффектом памяти формы.....102
Гонибесова Е.В., Коротких М.Т. Электрохимическое удаление заусенцев с мелких деталей в условиях автоматизированного производства.....106
Будяков А.Д. Мощность сил трения в сопряжении ролик-сателлит в планетарно-цевочном редукторе.....110
Вершицкая А.А., Лаптев В.В. Дизайн-преобразование топографической основы в тематических картах: генерализация и анаморфоза.....114
Славутин Л.В., Башкарев А.Я. Технология восстановления деталей машин с применением аддитивных технологий.....118

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ, НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ.....123
Хмельницкий В.А., Щербинина Е.А. Автоматическое определение вида модуляции сигналов в системах радиомониторинга.....123
Непомнящая Э.К., Скворцов А.Н. Метод роя частиц для решения обратной задачи в лазерной корреляционной спектроскопии.....127
Щечилин Н.Н., Чугунов А.И. Неравновесный ядерный состав коры аккрецирующей нейтронной звезды.....131
Егоров А.Ю., Бакаев В.А. Устранение детекторных искажений при измерении сечений рождения адронных струй на Большом Анронном Коллайдере.....135
Гангрская Е.С., Бабич Е.С., Редуто И.В. Изготовление микроканалов с ГКР-активными серебряными наночастицами с помощью электро-полевого структурирования стекла.....139
Горбенко Д.А., Белашов А.В., Беляева Т.Н., Корнилова Е.С., Семёнова И.В. Изменение внутриклеточной морфологии при фотодинамическом воздействии.....143
Манохин М.Э., Пилипко М.М. Разработка и исследование интегрального преобразователя энергии радиочастотных сигналов в постоянное напряжение.....146
Климов А.А., Ременный М.А. Широкополосные фотодиоды на основе ДГС *n*-InAsSbP/*n*-InAsSb$_{0.08}$/*p*-InAsSbP ($\lambda_{0.1}$ = 4.8 мкм, 300 K).....150
Хазвалиева Д.Р., Гуляев С.Н., Ганжерли Н.М., Маурер И.А. Дифракционные решетки с высокой пространственной частотой, записанные на бихромированной желатине с помощью обработки УФ-излучением.....154
Алисьвяк А.А., Новиков Ю.Н. Интернет-мониторинг объектов со встроенными микроконтроллерами: модель системы.....159

Веневцев И.Д., Стульников А.А., Родный П.А. Зависимость сцинтилляционных характеристик и микроструктуры керамик ZnO:Ga от условий синтеза исходных наноразмерных порошков 162
Сергеенко А.Н. Сравнение трудоемкостей метода перебора и алгоритма, основанного на ДНК-вычислениях, на примере решения задачи о коммивояжере 167

ИНСТИТУТ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 170
Савельева М.И., Керестень И.А., Войнов И.Б. Численное определение жесткости регулировочного клапана управления палубного аэрофинишера 170

ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ 175
Казалов М.А., Мешалкина Д.А., Фёдорова Я.В. Изменение геномной ДНК эукариотических клеток с помощью Cpf1-рибонуклеиновых комплексов 175
Лонишин Л.Р., Серебрякова Е.А., Насыхова Ю.А., Глотов А.С. In silico анализ влияния миссенс-вариантов гена *CFTR* на физико-химические свойства его белка 178
Некрашевич П.А., Сухоруков Г.Б., Горин Д.А., Радченко И.Л. Фото- и соностимулированная деструкция оболочки наноструктурированных микрокапсул, полученных методом коаксиального электрораспыления 182

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ 187
Константинов А.В., Чуканов В.С. Сегментация трёхмерных медицинских изображений на основе алгоритмов классификации 187
Фомичева М.А., Вильчевская Е.Н. Моделирование процесса дробления порошковых материалов в рамках пространственного описания 190
Stepanov M.D., Kharaldin N.A., Stepanov A.V., Aleshin M.V., Borovkov A.I. Finite element modeling of the human torso for analyzing of contusion injuries ballistic impact testing 195
Засимова М.А., Иванов Н.Г., Марков Д. Численное исследование воздухораспределения в аудиторном помещении с множественными приточными устройствами 200
Савиковский А.В., Семенов А.С., Гецов Л.Б. Оценка влияния времени выдержки и кристаллографической ориентации монокристаллических корсетных образцов на термоусталостную прочность 205
Галяутдинова А.Р., Третьяков Д.А. Эволюция акустической анизотропии и мер поврежденности при усталостном разрушении металлов 210
Крундышев В.М. Адаптивная система управления программными сервисами для обеспечения безопасности в крупномасштабных сетях транспортных средств 213
Дивенкова Д.В., Мигунова Л.Е., Филимоненкова Н.В. Использование метрик при распознавании словоформ 217
Фридман В.С. Исследование критерия динамического перераспределения фрагментов данных в распределенных системах управления реляционными базами данных 221
Стояновский С.М., Смирнов А.С. Эволюционная динамика маятниковых систем с несколькими степенями свободы 224

ВЫСШАЯ ШКОЛА БИОТЕХНОЛОГИИ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 230
Боргоякова А.С., Сысоева Е.В., Базарнова Ю.Г., Кузнецова Т.А. Исследование состава пигментного комплекса микроводоросли Chlorella sorokiniana методом тонкослойной хроматографии 230
Полеев Н.Д., Ефимочкина А.А., Баженова И.А. Разработка напитков на основе "растительного молока" 233

Шлыкова А.Н., Устимова Е.А., Панкина И.А., Белокурова Е.С. Биомодификация соевого зерна как способ модернизации производства соевого молока 237
Милёхина А.Ю., Дмитриенко М.А., Иванова М.А., Аронова Е.Б., Пазенко Я.Э. Быстрый уреазный тест – один из надежных методов диагностики инфекции Helicobacter pylori 242
Гнилицкий В.Г., Барсукова Н.В., Базарнова Ю.Г. Оценка качества полуфабрикатов из свежих овощей, обработанных биозащитными культурами, в процессе холодильного хранения 245

ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА, ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ 248
Останкова В.В., Лёвина А.И. ECM и BPMS системы: сравнительный анализ 248
Соловьев Л.А., Гнатенко Е.С., Широкова С.В. Обоснование необходимости совершенствования информационной системы предприятия 251
Корженивская Н.Н., Ростова О.В. Исследование особенностей ИТ-инструментов продвижения товаров 256
Батаковская М.П., Городецкая С.И. Microsoft как оценка квалификации специалистов в области информационных технологий 261
Дё В.Э., Смирнова А.М. Разработка архитектуры предприятия как инструмент цифровой трансформации бизнеса 265
Матвеев Г.В., Ильинский А.А. Перспективы развития инфраструктуры центров добычи минерального сырья в арктической зоне при различных методах финансирования 270
Паевская А.А., Афанасьев М.В. Исследование интеллектуального капитала российских и международных компаний на примере нефтегазовой отрасли 273
Яцева А.Е., Карпова В.Г., Сизова Т.А. Факторы и условия стимулирования развития туризма в провинциальных городах: зарубежные и отечественные практики 276
Гончарова Л.Н. Комплексный подход к оценке эффективности инновационных проектов в электроэнергетике РФ 279
Ананьева С.Г. Организационные проблемы внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита в государственном секторе 282
Володин А.А., Леонтьев Д.Н. О месте неравенства в социально-экономической структуре общества 286
Куратова А.Н., Плотникова Е.В. Бизнес-платформы в сфере образования: особенности и возможности внедрения 289
Налетов И.Д., Новикова О.В., Амосов Н.Т. Создание промышленного кластера обращения с отходами, его перспективы и преимущества 293
Терешко Е.К., Гутман С.С. Развитая инфраструктура как основной результат стратегического управления строительным комплексом Мурманской области 298
Тращенко К.С., Гулый И.М. Показатели развития цифровой экономики в регионах Российской Федерации и в сфере транспортного комплекса 303
Шабельников П.Г., Погорелая П.С., Гиматутдинова Л.И. Влияние международных экономических ограничений на нефтегазовую отрасль России 307
Анисимов А.Ю., Шашкова А.А. Инновационное развитие транспортной логистики в рамках нового технологического уклада "Индустрия 4.0" 311
Барбарук А.И. Оценка бизнес-процессов торговой компании 313
Бречко А.А., Первов М.С., Стародубцев Ю.И. Инновационный подход к управлению качеством функционирования сложной системы 317
Ечкало И.А., Т.С. Хныкина И.А. Современные тенденции изменений сервиса недвижимости в России 321

Зубрилова А.С., Харченко К.Н., Яненко М.Б. Digital-инновации в трейд-маркетинге на примере трансформации комплекса 4P 325
Мошкин И.Ю., Назарова Э.А. Экспортный потенциал региона: многофакторная модель оценки 329
Потехин П.Н., Асфондьярова И.В. Исследование потребительских предпочтений и экспертиза качества игристых вин 333
Садакова В.В., Божук С.Г. Особенности сегментирования потребителей на рынке вегетарианской и веганской продукции 337

ВЫСШАЯ ШКОЛА МЕЖДУНАРОДНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ 342
Ширинян А.А., Колесников Ю.Ю. Управленческие решения в системе образовательного менеджмента 342
Быкова Д.В. Внедрение дистанционных образовательных технологий в процесс обучения русскому языку как иностранному 345

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 349
Бородкина Ю.С., Каверзнева Т.Т. Проблемы шумовой нагрузки многоэтажных зданий 349
Зобнина Н.А., Куулар Л.И., Туманов А.Ю. Проблемы оценивания ущерба при аварии на потенциально опасных объектах в арктической зоне 352
Савельев Д.И., Зыбина О.А., Бабиков И.А. Методика определения дисперсности капель воды, генерируемых системами пожаротушения 355
Хороших М.В., Яковлев В.В. Оценка риска чрезвычайных ситуаций при транспортировке газа магистральным газопроводом 357

ФАКУЛЬТЕТ ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ 361
Хохлявин А.И., Шульдешов Л.С. Применение метода динамического программирования при принятии решения на боевые действия 361
Литвинов О.В., Вибе Д.В., Юсупов А.Х., Богданов В.И. Использование роботизированной системы для охраны государственной границы 364
Петров О.В., Гаврилов Н.В., Голышев Д.А. Применение альтернативных источников питания в полевых условиях 368

ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ТУРИЗМА 373
Агаев Р.А., Сущенко В.П., Щеголев В.А. Общая характеристика методов, используемых в организационно-педагогическом механизме управления подготовкой студентов к выполнению норм и требований физкультурно-спортивного комплекса (ГТО) 373

ГУМАНИТАРНЫЙ ИНСТИТУТ 377
Леушина Н.А. Инструментарий для диагностики уровня метакогнитивной осведомлённости студентов о стратегиях иноязычного профессионально-ориентированного чтения 377
Щапова А.М. Особенности испанских прецедентных антропонимов на примере полных и диминутивных форм мужских имен 381
Медведева М.И. Способы реализации стратегии глорификации в политическом дискурсе при обращении к историческому событию 385
Емельянова М.Р., Варламова В.Н. Сюжетообразующая функция мифологемы «сада» в художественном тексте (на материале пьесы Бернарда Шоу «Дом, где разбиваются сердца») 388
Кунина О.О. Современные экспериментальные технологии исследования текста 391

Филиппова М.А., Волошинова Т.Ю. Речь автора и речь героя в рассказе В. Набокова «Музыка» (лингвистический анализ текста).....396
Voyshev R.R., Fersman N.G. Web analysis of online retail stores as a tool for market research and customer's behavior tracking.....399
Филиппова Н.А., Леонтьева В.Л. Киберспортсмен глазами PR-специалиста.....403
Коблякова Ю.М., Тростинская И.Р. О коммуникационной активности научного подразделения в онлайн-пространстве (на примере СПбПУ).....407
Panovkina V.V., Riabova A.L. The role of chinese soft power and the globalization tendencies (XXI century).....412
Заводова Е.М., Мазаник С.В., Мартынова Д.А. Вопрос отмены антироссийских санкций в политических и экономических кругах Германии.....415
До Ань Тунг, Колесник И.И. Межкультурная коммуникация между Вьетнамом и Россией в музыкальной сфере.....420
Чикина В.А. Научный архив ВОО «Русское географическое общество».....423
Малыхин М.В. Санкт-Петербургский политехнический институт – передовая стройка начала XX века.....426
Алиев К.К. Проблемы конституционных основ статуса иностранных граждан и лиц без гражданства в Российской Федерации.....430
Зернов А.О., Липский Н.А. Предмет доказывания и обстоятельства, подлежащие доказыванию в уголовном процессе.....434
Матвеенко А.С., Туркин Н.В., Долгополова Т.А. Экологическая безопасность арктической зоны.....437
Тысяк П.В., Долгополова Т.А. Правовое регулирование в сфере применения пестицидов.....440
Щербуха А.А., Ефремов Д.С., Максимова Е.В. Историко-правовой анализ обеспечения сохранности объектов растительного и животного мира на особо охраняемых природных территориях.....443

НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ

Материалы научной конференции
с международным участием

19–24 ноября 2018 года

ЛУЧШИЕ ДОКЛАДЫ

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 19.12.2018. Формат 60×84/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 28,5. Тираж 60. Заказ 185.

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.