

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ

---

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. КОСЫГИНА  
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)

РОССИЙСКАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ

---

**III МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОСЫГИНСКИЙ ФОРУМ  
«СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ  
«СОВРЕМЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
КЛЮЧЕВЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Том 2

МОСКВА  
2021

УДК 67  
С23

Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности» III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук». (20-21 октября 2021 г.). Том 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. – 189 с.

В сборник включены научные статьи российских и зарубежных ученых, представленные на Международном научно-техническом симпозиуме «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности» 20-21 октября 2021 г., в которых рассматриваются вопросы современных инженерных проблем в ключевых отраслях промышленности, а также в смежных секторах экономики.

Материалы сборника предназначены для преподавателей вузов, аспирантов, научно-технических и инженерно-технических работников различных отраслей промышленности и агропромышленного комплекса.

#### **Редакционная коллегия**

Разумеев К.Э. - Вице-президент РИА и МИА, советник при ректорате РГУ им. А.Н. Косыгина, профессор, д.т.н., Гусев Б.В. - Президент Международной и Российской инженерных академий, профессор, д.т.н., Федорова Н.Е. – доцент кафедры текстильных технологий, к.т.н.

**ISBN 978-5-00181-162-6**

© ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2021

© Авторы статей, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Удодов С.А., Чариков Г.Ю. Особенности режимов механоактивации в роторно-пульсационных аппаратах .....	6
Кузин В.Ф., Лачина Т.А., Чистяков М.С. Виртуальная команда как форма дистанционно-цифрового взаимодействия в эпоху коронавирусного кризиса .....	10
Хвостов А.А., Тихомиров С.Г., Иванов А.В., Журавлев А.А., Челноков В.В. Автоматизированный контроль динамики молекулярно-массового распределения полимера в ходе деструкции на основе скрытой марковской цепи .....	13
Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Боброва Е.Ю., Бесфамильная В.М. Каркасные системы малоэтажных зданий .....	17
Сарченко В.И., Хиревич С.А. Комплексный подход к решению современных инженерных проблем развития городов .....	21
Медведев А.В., Разумеев К.Э. Разработка гибких высокотемпературных волокнистых уплотнений из отечественных керамических материалов .....	24
Конотопов М.В., Левин Ю.А., Никитин А.А. Арктическая зона России: вызовы глобальной энергетической трансформации.....	28
Федюк Р.С., Баранов А.В., Лесовик В.С. Ячеистые бетоны для защиты от ультразвука и инфразвука.....	32
Минин В.В., Клешнин В.Ю. Уравнения движения составного рабочего органа для разработки скважин.....	39
Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Вахромеева Е.Н. Динамика перемешивания волокнистого материала .....	43
Гашо Е.Г. Ключевые приоритеты энергетического развития РФ .....	48
Удодов С.А., Бондаренко И.В. Повышение эффективности пластификатора за счет механоактивации в роторно- пульсационном аппарате .....	53
Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Особенности производства чушек первичных силуминов, модифицированных стронцием.....	56
Секисов А.Н. Экономико-экологические, ресурсосберегающие, технические и технологические аспекты внедрения роторно-винтовых систем в цементной промышленности .....	62
Богачева С.Ю. Аналитическое моделирование натяжения нити на цилиндрических поверхностях.....	67
Карманова О.В., Тихомиров С.Г., Линцова Е.В., Челноков В.В. Промоторы адгезии с пониженным содержанием кобальта для резино-металлокордных композитов.....	70
Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Зиновьева Е.А., Колесова Д.А. Системы изоляции сельскохозяйственных объектов .....	73
Прокопьев П.С. Финансовые рынки совета сотрудничества арабских государств Персидского залива – исследование симметричности шоков .....	77
Панов В.В., Ищук В.А. Создание сложных наукоемких изделий с использованием их виртуальных прототипов .....	81

Шрейбер А.К., Опарина Л.А., Карасев И.С. Подходы к оценке эффективности внедрения технологий информационного моделирования в инвестиционно-строительные проекты .....	85
Королева Н.А., Полякова Т.И. Методы решения задач многокритериальной оптимизации в текстильной промышленности.....	89
Горбунов П.И., Лизунов В.В. Евразийский стратегический алгоритм межрегионального кластерного развития России и Казахстана.....	93
Нагрузова Л.П., Эклер Н.А. Эффективные технологии формуемого полимеркомпозитного утеплителя для ремонта кровель .....	98
Фирсов О.П., Загашвили Ю.В., Бородако Е.Н., Скарлыгин М.Н., Ефремов В.Н., Голосман Е.З. Инновационный подход по созданию кормовой добавки «Энергосорб».....	102
Федорова Н.Е. Изучение предметной области кардочесания с возможностью управления основными параметрами процесса .....	107
Тихонов А.К., Сорокин А.А. Особенности термической обработки высокопрочного крепежа в автомобилестроении .....	110
Писаренко Ж.В., Нгуен К.Т. Инновационные инвестиционные инструменты как пенсионные активы .....	113
Сницар Л.Р., Сницар Д.В. Понятие об информационных технологиях.....	122
Раткин Л.С. О теории решения изобретательских задач и ее применимости для повышения коэффициентов извлечения трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья.....	125
Ольховатов Е.А., Касьянов Г.И., Надыкта В.Д., Айдер М. Бобовые, масличные и орехоплодные культуры как перспективные источники сырьевых ресурсов для хлебопекарной, макаронной и кондитерской отраслей пищевой промышленности.....	129
Кузин В.Ф., Лачинина Т.А., Чистяков М.С. Технологическая ловушка как фактор угрозы социальной идентичности.....	134
Хикматов Н.И., Гафурова Н.Т., Саидова А.С., Саломов И.С., Шарипова С.Н. Модернизация высшего образования, как важный фактор развития наук.....	137
Федотов М.Ю., Овчинников И.Г., Шелемба И.С. Усиление полимерными композитными материалами и оптический мониторинг мостовых сооружений.....	142
Немзер Б.В., Григорьев Б.А., Александров И.С., Герасимов А.А. Перспективы и проблемы разработки уравнений состояния технически важных веществ .....	146
Раткин Л.С. О целевых экономических ориентирах, национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации: проблемы и перспективы .....	152
Федотов М.Ю., Терентьев В.С. Исследование возможности применения волоконно-оптических датчиков для одновременного контроля деформации и температуры композитных материалов .....	156
Артемов А.В., Переславцев А.В., Вошинин С.А., Тресвятский С.С., Коробцев С.В. Плазменная переработка медицинских отходов .....	161

Пальчунов Д.Е., Болдырев И.А. Применение теории нечётких моделей для оценки рисков в строительстве .....	165
Белгородский В.С., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г. Методы проектирования интеллектуальной одежды .....	171
Косач А.Ф., Кузнецова И.Н., Педун Г.А., Прежин С.Е. Применение активированных кварцевых отходов на физико-механические свойства цементного камня.....	175
Алибекова М.И., Андреева Е.Г. Современные технологии воплощения замысла дизайнера .....	186

**ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ МЕХАНОАКТИВАЦИИ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННЫХ АППАРАТАХ**  
**THE FEATURES OF MECHANO ACTIVATION MODES IN ROTARY PULSATION APPARATUS**

**Удодов Сергей Алексеевич \* \*\* , Чариков Григорий Юрьевич \*\***  
**Udodov Sergey Alekseevich \* \*\* , Charikov Grigoriy Yurievich \*\***

*\*Кубанское отделение Российской инженерной академии*

*\*\*Кубанский государственный технологический университет, Россия, Краснодар*  
*Kuban state technological University, Russia, Krasnodar*  
(e-mail: udodov-tec@mail.ru, grigoriicharicov@mail.ru)

*Аннотация:* Рассмотрены некоторые рецептурно-технологические факторы, оказывающие влияние на эффективность механоактивации в роторно-пульсационных аппаратах (скорость вращения ротора, объем раствора, водорастворимые добавки, регулирующие вязкость раствора). Установлено, что введение в раствор незначительного количества добавки эфиров целлюлозы ускоряет рост температуры обрабатываемого раствора, что может свидетельствовать об интенсификации процесса.

*Abstract:* Some prescription-technological factors influencing the efficiency of mechanical activation in rotary-pulsating apparatuses (rotor speed, solution volume, water-soluble additives that regulate the solution viscosity) are considered. It was found that the introduction of an insignificant amount of cellulose ethers into the solution accelerates the temperature rise of the treated solution, which may indicate an intensification of the process.

*Ключевые слова:* роторно-пульсационные аппараты, гидродинамическая кавитация, эфиры целлюлозы, вязкость.

*Keywords:* rotary-pulsating apparatus, hydrodynamic cavitation, cellulose ethers, viscosity.

Современное производство бетона и железобетонных изделий сложно представить без применения химических добавок различного назначения. В качестве добавок, влияющих на реологические свойства бетонной смеси, применяются пластификаторы и их разновидности. Основное назначение пластификаторов – снижение водоцементного отношения при сохранении подвижности смеси или повышение подвижности при неизменном водосодержании.

Активация химических добавок в роторно-пульсационных аппаратах (РПА) позволяет повысить их эффективность и, следовательно, снизить расход пластификатора на приготовление бетонной смеси без ухудшения реологических свойств. Такой эффект достигается за счет механохимической активации, протекающей в аппаратах данного типа.

Проблемой активации компонентов бетонной смеси занимаются многие отечественные ученые. В своих работах Б.В. Гусев [1, 2] приводит анализ свойств шлакопортландцемента, выявляет его отрицательные стороны, а также недостатки традиционной технологии его производства.

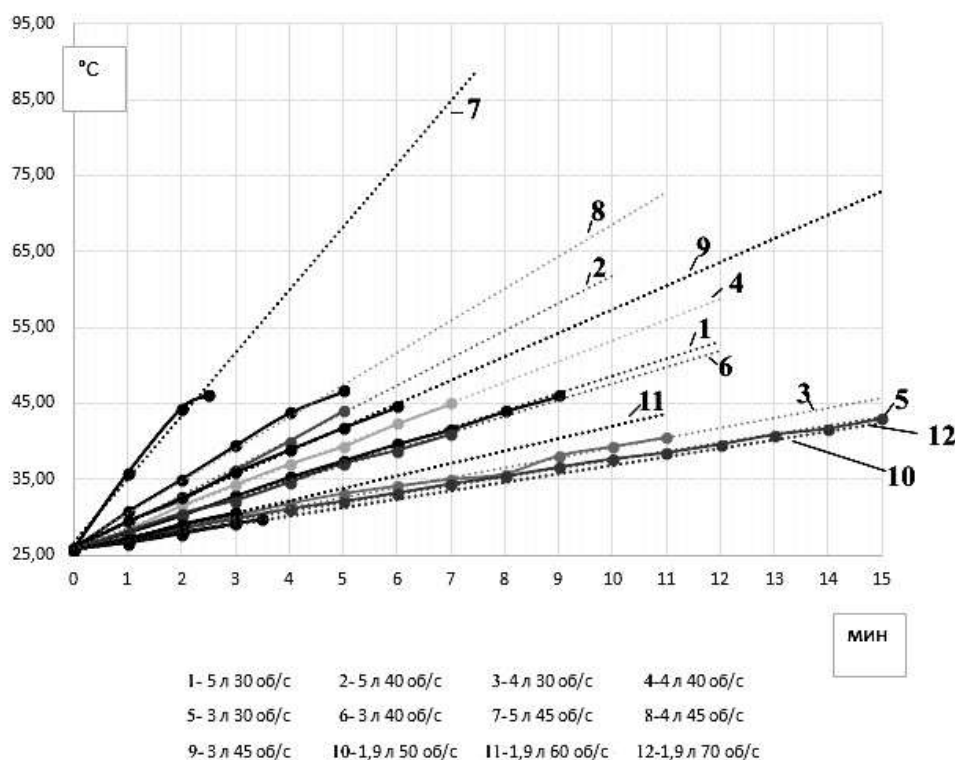
Отмечается, что основным таким недостатком являются значительные энергозатраты на помол шлака в мельницах. Применение гидродинамической кавитации как одно-, так и двухстадийной дает возможность увеличить тонкость помола при меньших энергозатратах. Большая тонкость помола, в свою очередь, позволяет ускорить гидра-

тацию шлакопортландцемента и увеличить прочность цементного камня в ранние периоды твердения.

Проблемам выбора режима активации в аппаратах роторно-пульсационного типа посвящены работы Р.А. Ибрагимова и В.С. Изотова [3, 4]. Авторы приводят анализ возможных режимов активации в РПА цементных суспензий с добавлением пластификатора на основе эфиров поликарбоксилатов. Показана зависимость прироста прочности бетона от времени активации.

В данной статье приводится анализ различных режимов активации. Об интенсивности протекания процесса активации судили по скорости нарастания температуры обрабатываемой жидкости. Замечено было, что в применяемом РПА (марки «Активатор-Gd») скорость нагрева зависела, в основном, от двух факторов: скорости вращения ротора и объема обрабатываемой жидкости. При этом, скорость вращения влияла на темп роста температуры прямо пропорционально, а объем – обратно пропорционально. Более замедленный рост температуры в случае обработки малых объемов можно объяснить, с учетом конструкции аппарата, более эффективным отводом тепла из системы через металлические стенки корпуса камеры.

В качестве контрольной жидкости на этапе определения режимов активации применялась дистиллированная воды. Закономерность влияния названных параметров на темп роста температуры (следовательно, на интенсивность протекания активации) приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Влияние скорости вращения ротора на время нагрева дистиллированной воды**

Из полученных данных следует, что зависимость температуры раствора от времени активации носит линейный характер при любом сочетании объема и скорости вращения ротора и имеет общий вид:

$$t = a * \tau + b, \quad (1)$$

где  $t$  – температура раствора, °С;

$\tau$  – время активации, мин;

$A$  – коэффициент, показывающий скорость нагрева (°С/мин);

$b$  – коэффициент, характеризующий начальную температуру жидкости (°Снач).

При этом скорость нагрева  $a$  зависит от объема активируемой жидкости, а также скорости вращения ротора. Данные приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Значения коэффициента  $a$**

Скорость вращения ротора, об/с	Объем, л	$a$ , °С/мин
30	5	2,2691
40	5	3,6229
45	5	8,3288
30	4	1,3063
40	4	2,7357
45	4	4,2229
30	3	1,1246
40	3	2,1595
45	3	3,1179
50	1,9	1,11
60	1,9	1,64
70	1,9	1,114

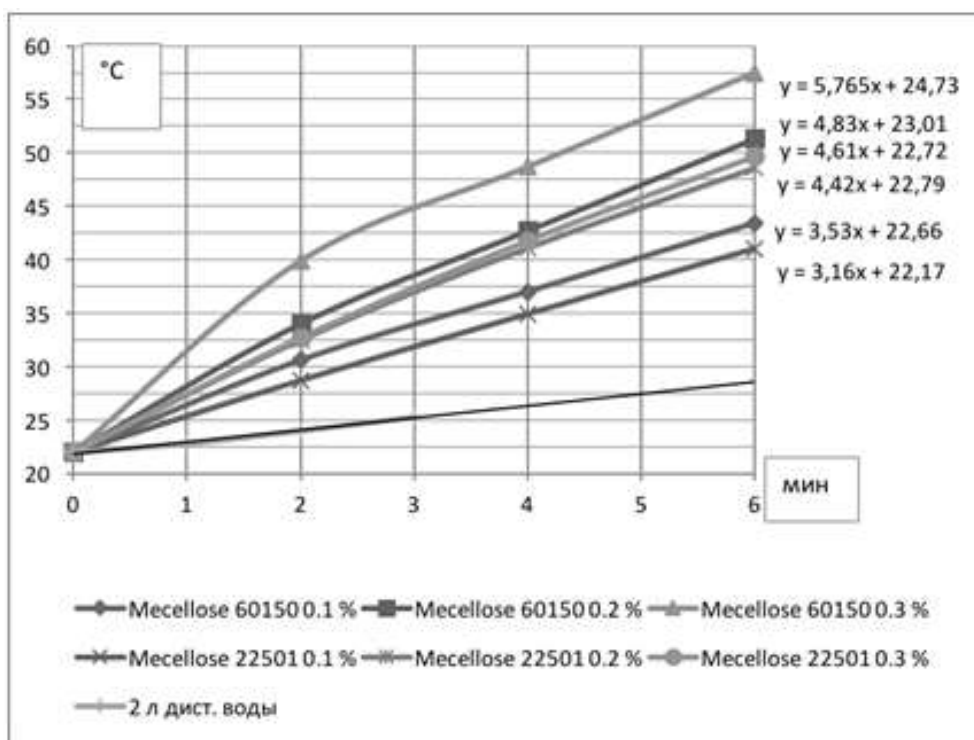
Скорость нагрева тем выше, чем больше объем раствора и выше скорость вращения ротора. Это обстоятельство следует учитывать при выборе режима активации в зависимости от активируемого вещества. Предположительно, в случае активации водных суспензий с минеральными компонентами целесообразно назначать высокую скорость вращения ротора; в случае активации более тонких веществ (например, растворов пластификаторов или полимерных компонентов, латексов), когда нежелателен перегрев растворов, рекомендуется выбирать малые или средние обороты ротора, при этом увеличивать время активации за счет малого заполнения камеры.

Как известно, энергия «схлопывания» кавитационных пузырьков зависит от кавитационной прочности жидкости – чем она выше, тем больше энергии затрачивается на возникновения пузырька и тем больше энергии аккумулируется и освобождается в процессе его схлопывания.

По данным исследователей [5] кавитационная прочность жидкости возрастает экспоненциально с ростом ее вязкости. С целью изучения влияния вязкости на параметры активации в работе использовались водорастворимые эфиры целлюлозы, применяемые в качестве водоудерживающей добавки в рецептурах сухих строительных смесей.

Для изменения вязкости жидкости применяли эфиры целлюлозы MecelloseFMC 60150 (вязкость 2% водного раствора 120-220 МПа\*с по Брукфельду) и MecelloseFMC 22501 (вязкость 2% водного раствора 18000-26000 МПа\*с по Брукфельду). Об интенсивности высвобождаемой энергии судили, при прочих равных, по скорости роста температуры раствора. Скорость вращения ротора составляла 50 об/с, объем раствора – 2 л. Полученные данные приведены на рис. 2.





**Рис. 2. Влияние вязкости на время нагрева жидкости**

Как видно из рис. 2, повышение вязкости увеличивает скорость роста температуры (коэффициент при переменной X в уравнениях). Чем выше вязкость применяемой добавки и ее дозировка, и, как следствие, вязкость раствора, тем быстрее он нагревается. Даже незначительная дозировка добавки средней вязкости (MecelloseFMC 22501, 0,1% от массы дистиллированной воды) увеличивает скорость роста температуры втрое по сравнению с водой без добавки, а более вязкая добавка MecelloseFMC 60150 в дозировке 0,3% ускоряет нагрев в 6 раз. Косвенно это обстоятельство может свидетельствовать о более высокой энергоотдаче процесса активации и может являться перспективным направлением в управлении эффективностью кавитационными и гидродинамическими процессами.

#### Список литературы

1. Гусев Б.В., Ин Иен-Лян Самуил, Кривобородов Ю.Р. Активация твердения шлакопортландцемента // Технологии бетонов. 2012. № 7-8. С. 21-24.
2. Гусев Б.В., Ин Иен-Лян Самуил, Кузнецова Т.В. Цемент и бетон. Перспективы развития // Технологии бетонов. 2014. № 9-10. С. 25-28.
3. Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Влияние механохимической активации вяжущего на физико-механические свойства тяжелого бетона // Строительные материалы. 2015. №5. С. 17-19.
4. Пименов С.И., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Влияние гидромеханохимической активации цементной суспензии на физико-механические свойства тяжелого бетона // Изв. вузов. Строительство. 2014. № 11. С.16-21.
5. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация // Тихоокеан. океанол. ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН. М.: Наука, 2008. 271 с.

**ВИРТУАЛЬНАЯ КОМАНДА КАК ФОРМА ДИСТАНЦИОННО-  
ЦИФРОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЭПОХУ  
КОРОНАВИРУСНОГО КРИЗИСА  
VIRTUAL TEAM AS A FORM OF REMOTE-DIGITAL INTERACTION  
IN THE ERA OF THE CORONAVIRAL CRISIS**

**Кузин Виктор Федорович\*, Лачинина Татьяна Александровна\*,  
Чистяков Максим Сергеевич\*\*  
Kuzin Viktor Fedorovich \*, Lachinina Tatiana Alexandrovna \*,  
Chistyakov Maxim Sergeevich\*\***

*\*Российская инженерная академия*

*\* Russian Engineering Academy*

*(e-mail: vfkuzin@mail.ru; t\_lachinina@mail.ru)*

*\*\* Институт экономики и менеджмента Владимирского государственного  
университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых*

*\*\* Institute of Economics and Management, Vladimir State University  
named after A. G. and N. G. Stoletovs*

*(e-mail: shreyamax@mail.ru)*

*Аннотация.* Обзорная статья посвящена рассмотрению виртуальной команды в конвергенции с цифровыми технологиями в качестве действенной меры конструктивного взаимодействия резидентов трудового коллектива в новой реальности посткоронавирусной неопределенности.

*Annotation.* The review article is devoted to the consideration of a virtual team in convergence with digital technologies as an effective measure of constructive interaction of residents of the workforce in the new reality of post-coronavirus uncertainty.

*Ключевые слова:* команда, виртуальная команда, краудсорсинг, цифровые технологии, дистанционный труд.

*Key words:* team, virtual team, crowdsourcing, digital technologies, remote work.

Впервые концепция виртуальной команды возникла в начале 1990-х годов в США в условиях необходимости транснационального взаимодействия рассредоточенных команд зарубежных филиалов североамериканских компаний.

Для семантического понимания терминологического оборота «виртуальная команда» озвучим, что в научном сообществе понимается под дефиницией «команда». **Команда** – это сплоченный, компетентный, высокомотивированный состав сотрудников организации, обладающий способностью к командной работе, имеющий общие цели и задачи и разделяющий ответственность за результаты совместной работы [1, 58].

Аналитический центр «Битрикс24» провел исследование – как отечественные компании относятся к удаленной (виртуальной) работе сотрудников в формате 24/7. Внесем небольшую ремарку – данный опрос проводился до наступления глобальных последствий коронавирусного периода. Было опрошено 834 российские компании различного уровня (малый, средний, крупный бизнес). Из общего количества респондентов – 83% практикуют использование дистанционный формат работы. Треть компаний (32%) задействуют т.н. «дистанцию» отчасти – до 10% персонала трудятся в компании в формате удаленной занятости. При этом в 27% фирм более половины сотрудников работают дистанционно. Наблюдается положительная динамика, т.к. годом ранее про-

веденного опроса таких компаний было всего 10%. Было отмечено, что большинство респондентов (72%) удовлетворены работой своих сотрудников в виртуально-дистанционном режиме, при этом подчеркиваются такие качества как ответственность (57%) и профессионализм (37%). Среди положительных моментов предприниматели отмечают экономию средств на обслуживание рабочих мест и экономию фонда оплаты труда (44%), возможность транспарентного найма сотрудников невзирая на государственные границы – 41%, а также возможность управления личным временем – 15%. Были озвучены и отрицательные проявления: сложность контроля; низкая вовлеченность и мотивация – 32%; утечка информации – 13%; снижение лояльности персонала к компании – 11% [2].

Действительно, коммуникационное взаимодействие между членами команды существенная необходимость любого продуктивного сотрудничества. Не является исключением географически разделенные команды в условиях коронавирусной реальности. Естественно, что не ничто не заменит «живое» общение, т.к. «цифровая атмосфера» не способна передать диапазон тонально-эмоциональных характеристик офисной работы. Происходит перестройка на иное качество восприятия собеседника и указаний начальника [3,31] В связи с этим члены виртуальных команд, несмотря на более разно-сторонние возможности дистанционного контакта, должны обладать более широким набором навыков и компетенций по сравнению с классической командой.

В рамках данной краткой ознакомительной статьи авторы считают необходимым упомянуть о новом формате профессионального общения, все более распространяющегося в условиях ускоряющегося интенсивного вовлечения информационно-коммуникационных технологий, – о краудсорсинге. Краудсорсинг берет свое начало в английском языке (от слов crowd – толпа и sourcing – использование ресурсов) и представляет собой процесс привлечения широкого круга добровольцев посредством «всемирной паутины» в целях решения определенных задач или выполнения определенной профессиональной миссии. При этом исполнителям, часто, действующим в рамках определенного проекта, передается часть функционала, не требующего определенных навыков.

Современные цифровые технологии делают такой творческий процесс как краудсорсинг схожим с дистанционной работой в виртуальных командах. По мнению В.Р. Окорокова, виртуальная команда при географической и организационной сосредоточенности задействуют информационные технологии для взаимодействия в достижении общей цели [4]. Однако полностью отождествлять краудсорсинг и виртуальную команду не целесообразно. Приведем дифференцирующие характеристики данной формы дистанционного сотрудничества (таблица 1).

**Таблица 1. Отличительное «наполнение» виртуальной команды и краудсорсинга**

<i>Виртуальная команда</i>	<i>Краудсорсинг</i>
материальное вознаграждение по результатам труда	-
ограничения и правила строго регламентированы в формате формального и правового характера отношений	нормы и правила юридически с точки зрения трудового законодательства не прописаны
к работе допускаются специалисты	часто привлекаются добровольцы, не имеющие специальных навыков
весь спектр мотивации, включающий материальный и нематериальный сегмент	может присутствовать нематериальный характер мотивации

Одним из наилучших вариантов решений при необходимости наличия высококвалифицированных кадров для работы над перспективным проектом, которые нахо-

дятся в разных местах земного шара, особенно во время пандемии и усугубляющегося коронавирусного кризиса, является формирование виртуальной команды.

В литературе встречаются различные определения термина «виртуальная команда», которые мало чем отличаются друг от друга. **Виртуальная команда** представляет собой небольшое количество членов, которых сплачивает единая цель, находящиеся раздельно в пространстве и времени, но сотрудничающих друг с другом с использованием современных компьютерных цифровых технологий.

Разработчиком таких, уже хорошо известных в период коронавирусного кризиса всем нам понятий, как дистанционная и удаленная работа, является Джэк Ниллс, который ввел в оборот данные термины еще в 1970 году, работая над проектом, где основная цель заключалась именно в удалении перегруженности в час-пик, прибегая к трудоустройству сотрудников, физически-фактическое местонахождение которых, было совсем в других местах.

Работа сотрудников на «удалёнке», организация дистанционного общения коллег, а также виртуальные деловые встречи с партнерами, находящимися в различных местах планеты, благодаря техническим возможностям текущего времени, стала объективной реальностью.

Баснословные вложения организациями инвестиционных средств в развитие передовых современных информационных технологий, а именно внутренних коммуникационных сетей, неуклонно будут вести к появлению всё большего числа виртуальных команд.

Одной из серьезных проблем функционирования виртуальной команды является наличие «виртуальной разобщенности» (от англ. affinity distance). Наличие в команде указанного деструктивного признака не способствует формированию доверительных отношений и построению конструктивного взаимодействия в русле командной сплоченности. Данный т.н. коммуникационный барьер может быть порожден не только из-за специфики коммуникационного цифрового контакта, но и быть следствием культурных различий и национальной идентичности, генерироваться психологической разобщенностью.

Очевидно, что в условиях наличия и развития в обществе кризисных явлений социально-экономического характера, государство не может обойти вниманием и такую важную сферу как образование при переходе на доступный дистанционный формат предоставления образовательных услуг [6, 129].

Новые реалии эпидемиологической непреклонности катализировали развитие изменчивой адаптации организационных структур при одновременной нарастающей эволюции цифровых технологий, что и предопределяет в ближайшем будущем новый облик командного взаимодействия. В связи с этим необходима дальнейшая институционализация данной формы занятости, которая позволит привести в соответствие возможности цифровой экономики в юридически-правовую плоскость нового постиндустриального развития [5].

### Список литературы

1. Лачинина Т.А. Управление изменениями: командный подход: монография / Т.А. Лачинина; Владимирский гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владимирского гос. ун-та, 2010.
2. Сколько российских компаний используют дистанционный формат работы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.the-village.ru/village/business/news/316633-udalenka> (Дата обращения: 01.09.2020).
3. Maynard M.T., Gilson L.L. The role of shared mental model development in understanding virtual team effectiveness // *Group & Organization Management*, 2014. Т. 39. № 1. С. 3-32

4. Огороков В.Р. Лидерство. Наука и искусство управления людьми: учеб. пособие / В.Р. Огороков, Р.В. Огороков. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2013. – 400 с.

5. Чистяков М. С. Дистанционный труд как новая форма занятости в России: Перспективы становления // Материалы III Международной заочной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные исследования социально-экономических систем в условиях интеграции России в мировую экономику» (31 октября 2014 г.). Тюмень: Тюменский государственный университет, 2014.

6. Колесов Р.В., Юрченко А.В. О мерах государственной поддержки образовательных организаций в условиях кризисных явлений социально-экономического характера // сборник научных трудов III-й национальной научно-практической конференции научно-педагогических и практических работников с международным участием «Экономика и управление: теория и практика». – Ярославль: ООО «ПФК «СОЮЗ-ПРЕСС», 2020. – С. 128-132.

УДК 62.012:66.095.26

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ДИНАМИКИ  
МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИМЕРА В  
ХОДЕ ДЕСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ СКРЫТОЙ МАРКОВСКОЙ  
ЦЕПИ**

**AUTOMATED CONTROL OF THE DYNAMICS OF THE  
MOLECULAR MASS POLYMER DISTRIBUTION DURING  
DEGRADATION BASED ON THE HIDDEN MARKOV CHAIN**

**Хвостов Анатолий Анатольевич\*, Тихомиров Сергей Германович\*\*,  
Иванов Андрей Валентинович\*\*, Журавлев Алексей Александрович\*,  
Челноков Виталий Вячеславович\*\*\***

**Khvostov Anatoly Anatolievich\*, Tikhomirov Sergey Germanovich\*\*,  
Ivanov Andrey Valentinovich\*\*, Zhuravlev Aleksej Aleksandrovich\*,  
Chelnokov Vitaliy Viacheslavovich\*\*\***

*\*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, Россия, Воронеж*

*\*Military educational scientific center air force "air force Academy  
named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin, Russia, Voronezh  
(e-mail: khvtol1974@yandex.ru)*

*\*\*Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия,  
Воронеж*

*\*\*Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Voronezh  
(e-mail:tikhomirov57@mail.ru)*

*\*\*\*Российская инженерная академия*

*\*\*\*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Россия,  
Москва, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Russia, Moscow  
(e-mail: 7963819@inbox.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрен подход к моделированию процесса термохимической деструкции. В качестве модели использована скрытая цепь Маркова с дискретными со-

стояниями и непрерывным временем, а наблюдаемыми переменными являются непрерывно измеряемые оценки функции молекулярно-массового распределения. Среда моделирования MathWorks Simulink.

*Abstract:* An approach to modeling the thermochemical degradation process is considered. A hidden Markov chain with discrete States and continuous time is used as a model, and the observed variables are continuously measured estimates of the molecular mass distribution function. MathWorks Simulink is used as the modeling environment.

*Ключевые слова:* деструкция, математическая модель, фракционный состав, цепь Маркова, markov's chain.

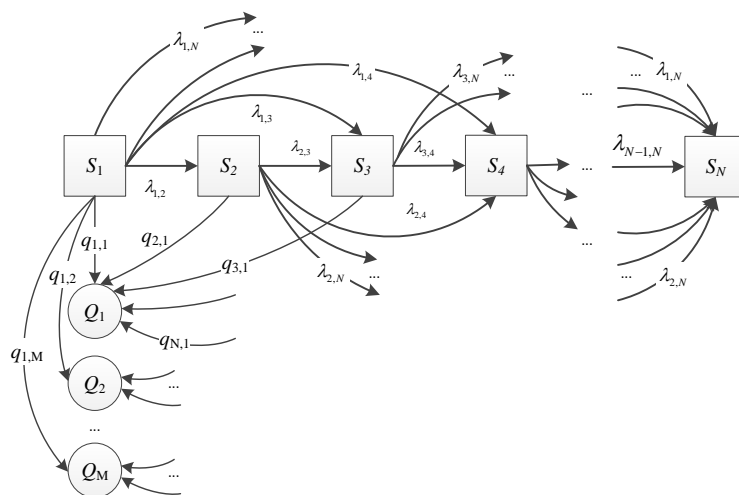
*Keywords:* destruction, mathematical model, fractional composition, fractional composition, hidden markov model.

При исследовании процессов деструкции полимеров одним из методов моделирования является математический аппарат теории цепей Маркова [1]. В работах [2, 3] показано применение аппарата цепей Маркова для описания процессов синтеза полимеров на уровне кинетики превращения отдельных макромолекул. В работе [4] предложено описание процесса разрушения зерен крахмала на основе цепей Маркова, в работах [5, 6] рассмотрено описание динамики молекулярно-массового распределения (ММР) полимера в ходе его деструкции.

Использование цепи Маркова для управления процессом деструкции осложняется необходимостью непрерывной оценки ММР, которую на практике в условиях производства реализовать не представляется возможным. Тогда для непрерывного контроля за процессом можно использовать один из параметров ММР, отражающий его интегральную характеристику. В таком случае целесообразно использовать модель процесса на основе скрытой Марковской цепи, где реальная структура системы воспроизводится по некоторым наблюдаемым величинам, которые поддаются непосредственному измерению.

Пусть случайная переменная  $P_i(t)$  представляет собой значение скрытой переменной в момент времени  $t$  и характеризует долю макромолекул длины, соответствующей  $i$  фракции ММР. Вероятностный смысл - отношение количества макромолекул в данной фракции (благоприятных исходов) к их общему числу. Под действием агента деструкции с течением времени система макромолекул может переходить из одного состояния в другое. Дискретное конечное множество состояний в соответствии с принятой шкалой описывается множеством состояний в виде  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, n \in \mathbb{N}$ , где  $s_n$  - числовой диапазон длин (масс) макромолекул в  $i$ -ой фракции. В рамках теории цепей Маркова, приняты следующие допущения: процесс деструкции носит последовательный характер; интенсивность перехода из одного состояния в другое отражает интенсивность процесса деструкции и характеризуется величиной  $\lambda_{i,j}$ , а интенсивности обратных переходов равны нулю; процесс деструкции моделируется переходом из состояния  $x_i$  в  $x_j$ , где  $j > i$ , при этом интенсивностью переходов  $\lambda_{j,i}$  пренебрегаем; состояние системы характеризуется вероятностью  $P_i$ , где  $i = \overline{1, N}$ , где  $N$  - количество фракций. Распределение макромолекул по фракциям соответствует индексам  $i$  (пусть  $i = 1$  фракция с наибольшей молекулярной массой или длиной). В качестве наблюдаемых переменных выступают непрерывно измеряемые оценки функции ММР  $Q_k$ . Для описания связи наблюдаемых переменных с переменными состояниями используются известные функциональные отношения  $Q_k = q_k(P_1, P_2, \dots, P_N)$  [7]. Например, косвенную оценку средне-взвешенной молекулярной массы можно получить по измерениям мощности, затрачиваемой на перемешивание полимеризата [7].

Тогда скрытая Марковская цепь задаётся множеством  $\mathbf{Ch} = \{S, P, Q, \lambda, q, P_0\}$  где  $S$  - вектор состояний,  $P$  - вектор вероятности нахождения системы в состоянии  $S$  ( $P(S_n) = P_n$ ),  $Q$  - вектор наблюдений,  $\lambda = \lambda_{ij}$  - матрица интенсивностей переходов из состояния  $i$  в состояние  $j$  для  $\forall t \in [0, T_M]$ , где  $T_M$  - время моделирования,  $q = q_{n,m}$  - матрица-функция отображения  $P \rightarrow Q$ ,  $P_0$  - вектор вероятности нахождения системы в состоянии  $S$  в момент времени  $t=0$ . Соответствующий граф состояний  $\Gamma$  представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Граф состояний системы**

Так как скрытая часть моделируемой системы является цепью Маркова с дискретными состояниями и непрерывным временем, а наблюдаемые переменные функционально связаны с переменными состояния, то можно представить математическую модель для графа  $\Gamma$  в виде системы уравнений Колмогорова-Чепмена с добавлением уравнений связи скрытых переменных с наблюдаемыми.

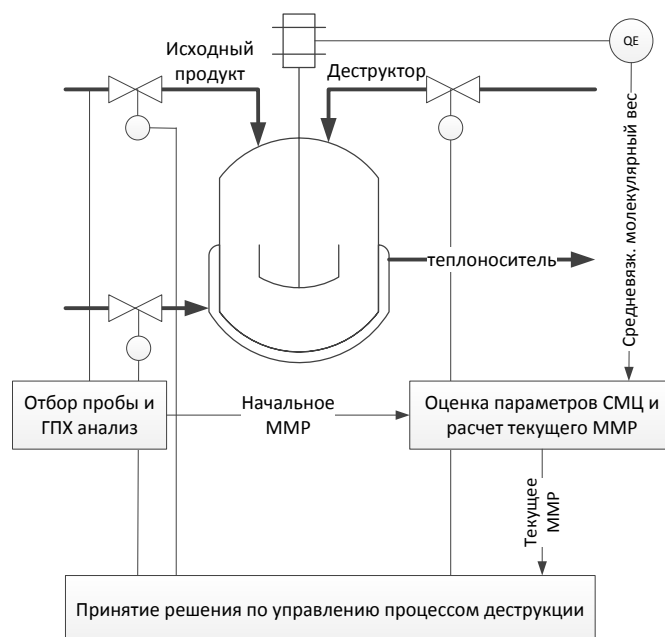
Запишем матричное уравнение Колмогорова-Чепмена с добавлением уравнений связи скрытых переменных с наблюдаемыми ( $Mw, Mn, Kn$ )

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\mathbf{P}(t)}{dt} = \mathbf{\Lambda P}(t), \\ M_w(t) = \frac{\sum_i^N m_i P_i(t)}{\sum_i^N P_i(t)}, M_N(t) = \frac{1}{\sum_i^N \left( \frac{P_i(t)}{\sum_i^N P_i(t)} \right)}, K_p(t) = \frac{M_w(t)}{M_N(t)} \\ \mathbf{P}(0) = \mathbf{P}_0. \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $m_i$  - молекулярная масса, соответствующая  $i$ -ой фракции,  $\mathbf{\Lambda}$  - матрица, составленная из элементов  $\lambda$  в соответствии со структурой графа  $\Gamma$ .

При возможности ряд скрытых переменных заменяются известными значениями по данным гельпроникающей хроматографии (ГПХ), что снижает погрешность расчётов. В этом случае существует возможность перед деструкцией полимера осуществить анализ ГПХ исходного продукта и использовать его результаты в качестве начальных условий для (1).

Таким образом, зная начальное состояние системы в виде ММР полимера, проведя оценку параметров скрытой Марковской цепи (матрица интенсивностей переходов) только по данным наблюдаемых переменных, значения которых измеряются косвенно, можно оценивать динамику ММР в ходе процесса деструкции (рис. 2).



**Рис.2. Функциональная схема процесса деструкции с использованием математической модели при управлении**

### Список литературы

1. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т.2. Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. М.: МЦНМО, 2017. 560 с.
2. Кучанов С.И. Методы кинетических расчетов в химии полимеров. М.: Мир, 1978.
3. Улитин, Н.В. Методы моделирования кинетики процессов синтеза и молекулярно-массовых характеристик полимеров/ Н.В. Улитин, К.А. Терещенко. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. 228 С.
4. Падохин В.А., Кочкина Н.Е., Кокина Н.Р., Назаров Д.В., Таль-Фигель Б. Стохастическая модель кинетики разрушения зерен крахмала// Химия и химическая технология, 2010, т. 53, Вып. 12, С. 123-124.
5. Хвостов А.А., Иванов А.В., Тихомиров С.Г., Ряжских В.И., Хаустов И.А., Битюков В.К. Математическая модель изменения фракционного состава полибутадиена в ходе его деструкции в растворе на основе цепи Маркова// Вестник тамбовского государственного технического университета. 2018. том: 24 номер: 1 год: 2018 С 67-78. DOI:10.17277/vestnik.2018.01.pp.067-078
6. Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Иванов А.В., Хаустов И.А. Синтез Марковской модели термохимической деструкции полимера в растворе// Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. №4. С. 61-66. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-3-57-64>
7. Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Лебедев В.Ф., Хаустов И.А. Управление качеством в процессах растворной полимеризации Воронеж. гос. технол. акад. - Воронеж, 2008. - 156 с.



## КАРКАСНЫЕ СИСТЕМЫ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ FRAME SYSTEM SOFLOW-RISE BUILDINGS

**Жуков Алексей Дмитриевич \***, **Тер-Закарян Карапет Арменович \*\***,  
**Боброва Екатерина Юрьевна \*\*\***, **Бесфамильная Валерия Михайловна\***  
**Zhukov Alexey Dmitrievich \***, **Ter-Zakaryan Karapet Aremenovich \*\***,  
**Bobrova Ekaterina Yurievna \*\*\***, **Besfamilnaya Valeria Mikhailovna \***

\* *Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)*

\* *National Research "Moscow State Construction University" (NRU MSCU)*

\* *Российская инженерная академия (РИА)*

\* *Russian Academy of Engineering (RAE)*

\*\* *ООО «ТЕПОФОЛ»*,

\*\* *"ТЕРОFOL" LLC*

\*\*\* *Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики*

\*\*\* *National Research University Higher School of Economics (NRU HSE)*

*Аннотация:* Изделия из вспененного полиэтилена имеют низкую теплопроводность, паро- и водонепроницаемость, что позволяет их классифицировать как эффективные изоляционные материалы. Изделия на основе пенополиэтилена применяют в системах изоляции жилых зданий и хозяйственных построек во всех климатических районах России.

*Abstract:* Foamed polyethylene products have low thermal conductivity, vapor and water permeability, which allows them to be classified as effective insulating materials. Products based on polyethylene foam are used in insulation systems for residential buildings and outbuildings in all climatic regions of Russia.

*Ключевые слова:* вспененный полиэтилен, системы изоляции, сварка полимеров, фасадные системы, каркасные конструкции, малоэтажное строительство.

*Keywords:* polyethylene foam, insulation systems, polymer welding, facade systems, frame structures, low-rise construction.

Понятие эффективности строительных конструкций охватывает круг требований, основные из которых могут быть оценены в денежном выражении. Это затраты на производство материалов, затраты на монтаж и затраты на эксплуатацию объекта. Эксплуатация любого строительного сооружения (жилого здания, склада, хранилища, спортивного объекта и пр.) включает требования по теплосбережению, по соблюдению нормативных сроков безремонтной эксплуатации, а также требования по созданию оптимального температурно-влажностного режима и требования по экологической безопасности и охране труда.

Затраты на монтаж включают расходы на непосредственное строительные работы, а также на применяемые материалы, выполнение конструкций, исполнение фундаментов. Здесь становится важным учет следующих факторов: композиционность изоляционной системы, тип несущей конструкции, нагрузки на основание, обуславливающие тип фундамента и реализацию нулевого цикла. Отметим, что тем сложнее конструктивная система, тем большее количество элементов её составляют, что уменьшает её надёжность и увеличивает стоимость монтажа и последующей эксплуатации. Фактор надёжности такой системы в эксплуатационном режиме определяется надёжностью

каждого отдельного компонента, и в случае выхода его из строя нарушается целостность всей системы изоляции.

Затраты на производство связаны с затратами на изготовление того или иного материала или конструкции, в том числе расходы на сырье, тепловую обработку и прочие энергетические расходы. Важным является так же материалоемкость самих конструктивных решений. Например, использование изоляционных материалов, толщиной, выше определенной по нормативу, теоретически способствует повышению расчетного термического сопротивления конструкции, но увеличивает затраты на материалы и их монтаж. Аналогично, использование массивных подконструкций увеличивает их несущую способность и огнестойкость, но также предопределяет повышенную материалоемкость, избыточные нагрузки на фундамент, а, следовательно и дополнительные расходы на нулевой цикл.

Функциональность изоляционной оболочки, оцениваемая термическим сопротивлением по габаритам стены, определяется в первую очередь тремя группами факторов: теплопроводностью изоляционных материалов, стабильность свойств изоляционных материалов во времени и возможными потерями тепла через «мостики теплопередачи»: неплотности в укладке теплоизоляционного материала, теплопроводные включения, швы между теплоизоляционными изделиями [1–3]. Теплопроводность и эксплуатационная стойкость материалов являются их нормативными характеристиками, а укладка в конструкцию с максимальной однородностью по теплотехническим показателям определяется как особенностями материала, так и технологией монтажа.



**Рис. 1. Монтаж теплоизоляции: а – механическое закрепление листа утеплителя; б – сварка стыков рулонного пенополиэтилена**

Наиболее перспективным и надежным является технология формирования бесшовной изоляционной оболочки на основе рулонного пенополиэтилена, разработанная ООО ТЕПОФОЛ (патент №2645190). Тепло- паро- воздухоизоляционная оболочка создается за счет механического закрепления рулонного пенополиэтилена на несущей конструкции с последующим соединением отдельных листов в замок и их сваркой горячим воздухом посредством строительного фена (рис. 1). В бескаркасных системах изоляционный материал монтируют с внутренней стороны металлического оцинкованного прифилерованного листа; в каркасных системах изоляционную оболочку устанавливают с внешней стороны несущего каркаса [1–3].

Различные аспекты применения пенополиэтилена в каркасных системах изучались в процессе реализации договоров с НИУ МГСУ (кафедра Строительных материалов и материаловедения): «Исследование физико-механических характеристик вспененного полиэтилена «Тепофол» в системах наружной и интерьерной изоляции», а также НИИСФ РААСН (лаборатория «Стройфизика-ТЕСТ»): «Определение эксплуатационных характеристик теплоизоляционного материала из вспененного полиэтилена марки ТЕПОФОЛ». Исследования касались типовых проектных решений, определения

эксплуатационных характеристики материала, а также проведения натурного обследования жилого частного дома, утепленного вспененным полиэтиленом [4, 5].

Экспериментально установлено, водопоглощение образцов при полном погружении в воду не превышает 0,96% по объему. Прочность на растяжение в продольном направлении для изделий с металлизированным покрытием составляет 80–92 кПа, без металлизированного покрытия – 80–87 кПа, а для сварного шва – 29–32 кПа. Проведено натурное обследование жилого частного дома, утепленного вспененным полиэтиленом, показало, что термическое сопротивление стены составило  $2,96 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Разработаны и реализуются различные системы применения изделий на основе пенополиэтилена по инновационной технологии ТЕПОФОЛ. В системе изоляции крыши (с холодным чердаком) пенополиэтиленовые рулоны укладывают на основание, механически закрепляют и сваривают стыки (рис. 2). Таким образом формируется бесшовное покрытие, которое обладает не только высокими тепло- и пароизоляционными показателями, но и препятствует попаданию влаги в помещения в случае протечки кровельного покрытия. За счет вентиляции чердачного пространства, влага на поверхности изоляционной оболочки испаряется и уносится конвективными потоками воздуха.



**Рис. 2. Изоляция крыши: а – рулоны пенополиэтилена; б – уложенная изоляционная оболочка**

В системах изоляции перекрытий листы или рулоны пенополиэтилена с металлизированным покрытием выполняют функции тепло- паро- и звукоизоляции. Изделия из пенополиэтилена укладывают на сплошной дощатый настил (рис. 3), закрепляют саморезами с шайбами. При укладке листы заводят на стены (на 4–6) см для исключения возможности передачи структурных шумов между стенами и основанием; листы соединяют в замок и сваривают горячим воздухом. Далее укладывают жесткие листы стыжки (OSB, фиброцементные, хризотилцементные, влагостойкой фанеры) и финишное покрытие. Таким образом совмещаются технологии плавающего пола и пола сухой сборки.



**Рис. 3. Изоляция в системе плавающего пола**

Основным элементом изоляции любого сооружения является формирование тепло-пароизоляционной оболочки по периметру здания. Изделия из пенополиэтилена используются как в системах изоляции как по кирпичным стенам или стенам, выполненным из ячеистобетонных блоков, так и в бревенчатых или брусовых домах, так и в сооружениях каркасного типа (рис. 4).



**Рис. 4. Формирование изоляционной оболочки каркасного коттеджа: а – монтаж рулонного пенополиэтилена и сшивка швов; б – формирование изоляционной оболочки и оконных проемов**

Каркасный коттедж является наиболее часто применяемым решением сельского дома. Это объясняется его экономичностью, возможностью быстрого возведения, возможностью использования облегченных фундаментов на грунтах (основаниях) любого типа.

Опыт реализации строительных систем с применением рулонного или листового пенополиэтилена и технологии монтажа с механическим закреплением и сваркой стыков горячим воздухом подтвердил целесообразность применения этого материала, позволяющего формировать тепло-паро-водоизоляционную оболочку сооружений и обладающего хорошими звукоизолирующими свойствами.

#### **Список литературы**

1. Иванова Н.А. Основные направления перспектив развития жилищного строительства на местном уровне / Московский экономический журнал. №4. 2018.С. 65–74.
2. Умнякова Н.П. Взаимосвязь экологического состояния городов и долговечности строительных материалов и конструкций // Жилищное строительство.2012. № 1.С. 30–33.
3. Бессонов И.В., Жуков А.Д., Боброва Е.Ю. Строительные системы и особенности применения теплоизоляционных материалов // Жилищное строительство. № 7. М.: ООО РИФ, 2015. С. 49-52.
4. Патент РФ № 2645190 «Замковая технология теплоизоляционного материала для бесшовной сварки соединительных замков» зарегистрирован 16 февраля 2018 г. БИ №5-2018.
5. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Бессонов И.В., Семенов В.С., Старостин А.В. Системы изоляции каркасных коттеджей // АCADEMIA.2019. №1. С. 122–127.

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ  
INTEGRATED APPROACH TO SOLVING MODERN ENGINEERING  
PROBLEMS OF URBAN DEVELOPMENT**

**Сарченко Владимир Иванович \* \*\* , Хиревич Сергей Анатольевич \*\*  
Sarchenko Vladimir Ivanovich \* \*\* , Khirevich Sergey Anatolyevich \*\***

*\*Красноярское (Сибирское) региональное отделение Российской инженерной академии,  
Россия, Красноярск*

*\*\*Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск  
Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk  
(e-mail: bs-serge@yandex.ru)*

*Аннотация:* В статье рассмотрена инженерная инфраструктура как один из важных показателей развития и жизнеспособности города. Отмечено, что существующие проблемы инженерного обеспечения городов ограничивают их планомерное развитие и негативно влияют на качество среды проживания. Предложены общие содержательные критерии построения оптимальных городских инженерных систем для разработки комплексной программы развития и модернизации инженерной инфраструктуры.

*Abstract:* The article considers engineering infrastructure as one of the most important indicators of the city's development and viability. It is noted that the existing problems of engineering support of cities limit their planned development and negatively affect the quality of the living environment. General content criteria for constructing optimal urban engineering systems for the development of a comprehensive program for the development and modernization of engineering infrastructure are proposed.

*Ключевые слова:* городская инфраструктура, устойчивое развитие, комплексный подход.

*Keywords:* urban infrastructure, sustainable development, integrated approach.

Города являются одним из самых сложных объектов, созданных человечеством в процессе своего исторического существования. Изучать город необходимо опираясь на природно-климатические условия его существования, особенности его застройки, транспортной и инженерно-технической систем; исследовать экономические, социальные и культурные процессы. Город находится в непрерывных процессах разрушения, восстановления и развития своего материального, социального и культурного «тела», что значительно усложняет возможности его изучения.

Таким образом город должен рассматриваться как сложный многоуровневый системный объект, включающий в себя множество разнородных элементов и связей. Необходимость перехода к комплексному рассмотрению города связана прежде всего с появлением новых задач и стратегий проектирования: от проектирования отдельных по преимуществу материальных фрагментов города, к проектированию и развитию сложных форм деятельности, кооперации и коммуникации и условий их разворачивания в рамках конкретного города [1].

В тоже время города сегодня получили возможность привлекать средства для развития инфраструктуры и сферы производства. Они стали активными игроками на рынке инвестиций: предоставляют корпорациям возможность размещать производственные и сервисные комплексы на городской территории с развитой инфраструкту-

рой и квалифицированным кадровым ресурсом, что позволяет им создавать современную конкурентоспособную продукцию и услуги [2].

Как было отмечено выше одним из важных показателей развития и жизнеспособности города является состояние его инженерной инфраструктуры. Степень развития инфраструктуры, обеспеченность жителей материальными и энергоресурсами нормируемого качества, а также качество природных сред, таких как атмосферный воздух, водные объекты, почвы, зелёные насаждения объективно влияют на качество городской среды [3]. В результате необходимо отметить, что инженерная инфраструктура формирует качество городской среды, обеспечивая жителей необходимыми ресурсами, жильём, дорогами, общественным транспортом, очищая город от отходов.

Однако в большинстве крупных городов сегодня существуют объективные ограничения влияющие на их развитие, обусловленные, прежде всего, неудовлетворительным состоянием инженерной инфраструктуры [4]. Проблемы инженерного обеспечения городов обусловлены укрупнением городов, сопровождающимся ростом численности населения, что соответственно обуславливает необходимость увеличения мощности инженерных систем. Кроме того, новые экономические условия постепенно привели к трансформации структуры и типологии застройки, а технический прогресс обусловил появление специфических в инженерном отношении объектов (крупных торговых, развлекательных, офисных комплексов), требующих высокого уровня инженерного обустройства [5]. Однако инженерные сети городов не были рассчитаны на дополнительные нагрузки, поэтому оказались не готовы к нынешним условиям. Ситуация осложнилась бесхозяйственным отношением городских властей к вопросам развития базовых инженерных систем, так как их основные усилия были направлены на поддержание технического состояния имеющихся сетей и сооружений, а не на их модернизацию.

По данным статистики, общий износ сетей по России достигает 70%, в некоторых районах инженерные сети просто перестали устойчиво функционировать. В конечном итоге такое состояние сетей приводит к потере тепла, электричества, воды и к высокой аварийности. К примеру, потери, связанные с утечками теплоносителя из-за коррозии, составляют 10–15%, а суммарные потери в тепловых сетях достигают 30% произведенной тепловой энергии. Потери воды из-за утечек и неучтенных расходов при транспортировке доходят до 60% [6].

Осуществление комплексной модернизации и реконструкции систем жизнеобеспечения городов и муниципальных образований является объективной необходимостью и одним из основных приоритетов государства в области развития социально ориентированной экономики. Ее реализация позволит обеспечить условия проживания населения, отвечающие стандартам качества, обеспечит энергетическую безопасность предоставления качественных услуг для населения, предприятий, создаст необходимые условия для устойчивого экономического развития городов и муниципальных образований [7]. Гарантированное выполнение этих требований сталкивается в реальной практике с рядом проблем. Так, по данным Международного научно-образовательного Форсайт-центра Института статистических исследований и экономики знаний при НИУ ВШЭ для развития городской инфраструктуры существуют следующие глобальные вызовы [8]:

1. Экономические и структурные вызовы: рост спроса на продукты питания; рост благосостояния в развивающихся странах; экономическая глобализация.
2. Социальные вызовы: социальное расслоение, бедность; демографические проблемы; урбанизация; здоровье населения.
3. Экологические и природно-ресурсные вызовы: потеря биоразнообразия; изменение климата; деградация агроэкосистем; истощение природных ресурсов.

4. Ценностные вызовы: неприятие обществом новых институтов, новых технологий; этические дилеммы.

5. Технологические вызовы: переход к новой технологической волне; потребность в научно-технических новшествах; проблемы надежности производственных систем.

6. Политические и институциональные вызовы: биобезопасность; продовольственная безопасность; энергетическая безопасность.

Для того чтобы избежать ошибок в проектировании городской инфраструктуры, чрезвычайно важно соблюдать общие содержательные критерии построения оптимальных городских инженерных систем:

опора на достоверные исходные данные и прогнозы;  
ориентация на реально достижимые стандарты и нормативы качества;  
комплексный учёт последствий принимаемых административных и технических решений;

комплексный учет всех доступных ресурсов;  
многофункциональное использование инженерных объектов городской среды;  
постоянный мониторинг качества городской среды.

На практике для соблюдения вышеописанных критериев в первую очередь необходимо произвести синхронизацию документов стратегического планирования развития городов с их генеральными планами, региональными и муниципальными адресными инвестиционными программами развития инфраструктуры (водоснабжение и водоотведение, теплоснабжение, электроснабжение, транспорт), сноса ветхого и аварийного жилого фонда. По результатам проведенной синхронизации должна быть разработана комплексная программа развития и модернизации инженерной инфраструктуры, в которой отображаются существующие и перспективные инженерные мощности с учетом планируемого осуществления нового строительства и реновации застроенных территорий города. Базовой составляющей предлагаемой комплексной программы должно стать максимальное использование современных информационных технологий:

- создание карт, отображающих в реальном времени объем доступных для использования инженерных мощностей;
- возможность подачи заявки на подключение к инженерным сетям онлайн с помощью единого общедоступного ресурса;
- внедрение системы умный город для более эффективного контроля за использованием доступных ресурсов, учета потерь ресурсов и оперативного устранения аварий на инженерных сетях;
- включение программы в структуру «цифрового двойника» города.

#### Список литературы

1. *Сарченко В.И., Оборин Л.А. и др.* Управление развитием. Методология регионального стратегирования. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. - 600 с.
2. *Ефимов, В.С.* Город – идея и практика / В.С. Ефимов, В.И. Сарченко, А.В. Лаптева, Н.Г. Шишацкий, А.В. Ефимов, Е.А. Брюханова // – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. – 522 с.
3. *Сарченко В.И.* Методология и методика формирования эффективных инвестиционных программ развития городских территорий с учетом скрытого потенциала: монография. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 384 с.
4. *Пупырев Е.И.* Влияние инженерных систем на качество городской среды // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2009. – № 5 (29). – С. 15-21.
5. Экономика и управление жилищно-коммунальным хозяйством/ Авилова И.П., Акрстиний В.А., Банцорова О.Л., Грабовый П.Г., Грабовый К.П. Наумов А.С., Беляков

С.И., Березка В.В., Бутырин А.Ю., Грабовый К.П., Демин А.В., и др./ Учебное пособие под общей редакцией Грабового П.Г., Кирилловой А.Н./ Москва, 2018. - 672 с.

6. *Ершова Т.Л., Бедрина С.А.* Проблемы и перспективы развития инженерных сетей городов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2017. – № 3. – С. 31-37.

7. *Заборицкова Н.П.* Проблемы инженерного обеспечения и комплексного благоустройства городских поселений // 2009. <http://www.gisa.ru/54849.html>

8. *Шишалова Ю.* Новые вызовы современных городов // 2016. <https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2016/10/07/660055-novie-vizovi>

УДК 677.076

**РАЗРАБОТКА ГИБКИХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ  
ВОЛОКНИСТЫХ УПЛОТНЕНИЙ ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ  
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
DEVELOPMENT FLEXIBLE HIGH-TEMPERATURE FIBER  
SEALS MADE OF DOMESTIC CERAMIC MATERIALS**

**Медведев Александр Викторович<sup>\*</sup>, Разумеев Константин Эдуардович<sup>\*\*</sup>  
Medvedev Alexander Viktorovich<sup>\*</sup>, Razumeev Konstantin Eduardovich<sup>\*\*</sup>**

<sup>\*</sup>АО «НПО Стеклопластик», Москва

<sup>\*</sup>JSC "NPO Stekloplastik"

(e-mail: 24091955@mail.ru)

<sup>\*\*</sup>Российский Государственный Университет им. А.Н. Косыгина (Технологии.  
Дизайн. Искусство), Москва

<sup>\*\*</sup>The Kosygin State University of Russia

(e-mail: razumeev-keh@rguk.ru)

*Аннотация:* Рассмотрены вопросы разработки гибких высокотемпературных волокнистых уплотнений из отечественной безоксидной и оксидной керамики в виде наполненных шнуров и кольцевых волокнистых уплотнений для современных образцов ракетно-космической техники и гиперзвуковых летательных аппаратов.

*Annotation:* The development of flexible high-temperature fibrous seals made of domestic non-oxide and oxide ceramics in the form of filled cords and fiber O-rings gasket for modern samples of rocket and space technology and hypersonic vehicles.

*Ключевые слова:* керамические материалы, плетеные шнуры, кольцевые волокнистые уплотнения, гиперзвуковые летательные аппараты.

*Key words:* ceramic materials, braided cords, fiber O-rings gasket, hypersonic vehicles.

Отечественные разработки в области гибких высокотемпературных уплотнений направлены на создание теплового барьера в неподвижных и подвижных соединениях узлов современной ракетно-космической техники (РКТ). К решению по настоящему сложной и ответственной задачи привлечены коллективы ведущих отечественных разработчиков материалов для авиационной и космической техники.

Ведущее предприятие Госкорпорации «Роскосмос» АО «Композит» в настоящее время разрабатывает герметизирующие гибкие уплотнения для ГЛА и тракта ГПВРД



(НИР Шифр «Сборка») по Государственной программе Российской Федерации «Развитие оборонно-промышленного комплекса» [1]. Перечень работ согласно государственного контракта предусматривает разработку технологического процесса, изготовление и испытаний опытных образцов окислительностойкого герметизирующего гибкого уплотнения с рабочей температурой до 2100°С. С учетом специализации предприятия можно предположить, что материал герметизирующего гибкого уплотнения безоксидная керамика, например бескерновые нити из карбида кремния с защитным стеклокерамическим покрытием [2], карбида тантала или карбида гафния, работоспособных при температуре до 3000° [3]. НИР не завершена, отчет не опубликован.

ФГУП ВИАМ ГНЦ РФ проводит исследования и разработки в области гибких высокотемпературных уплотнений из оксида алюминия с середины 1980-х годов. Наличие инновационного научно-технического задела (НТЗ) [4] ведет к повышению эффективности проводимых исследований. «Стратегия развития материалов и технологий в России на период до 2030 года» [5] в части высокотемпературных уплотнений из оксида алюминия успешно выполняется на основе имеющегося НТЗ, сформированного в течении более тридцати лет исследований [6, 7].

Создание современных образцов ракетно-космической техники является одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и входит перечень критических технологий Российской Федерации. Д.О. Рогозин в статье «Прыжок в шестое поколение» [8] обращает внимание на то, что достичь прорыва на тех или иных технологических направлениях без мощной концентрации научных и производственных ресурсов будет невозможно. Успешная реализация поставленной задачи возможна только при сотрудничестве ведущих научно-исследовательских организаций с профильными университетами. В настоящее время актуально создание интегрированных структуры (ИС), объединяющие научные и производственные организации не только по определенному направлению вооружения, военной и специальной техники, но и основных узлов, агрегатов определяющих эксплуатационные свойства [9].

Прообразом подобной ИС может служить пример многолетнего плодотворного сотрудничества научно-производственных, учебных и научных организаций в лице АО «НПО Стеклопластик», ФГБОУ ВО РГУ им. А.Н. Косыгина, ФГБОУ ВО СПбГУПТД и ФГУП ВИАМ ГНЦ РФ. За последние десять лет объединив интеллектуальные и технические ресурсы разработана технология производства крученых нитей из оксида алюминия [10] для высокотемпературных наполненных шнуров [11]. На рис. 1 представлена фотография шнура из оксида алюминия с 6-ти кратным увеличением.



**Рис. 1 Фотография шнура из крученых нитей оксида алюминия с 6-ти кратным увеличением**

Новым перспективным направлением для гибких высокотемпературных уплотнений являются уплотнения из волокнистого материала, в виде колец круглого или квадратного сечения [12]. В настоящее время исследованиям и разработкам кольцевых уплотнений уделяется большое внимание. Оригинальную технологию изготовления кольцевого уплотнения разработал ФГУП ВИАМ. Процесс изготовления уплотнения данным методом проводили по следующей технологии: пропитанную связующим ровницу из оксида алюминия формовали в специально изготовленной форме, вы-

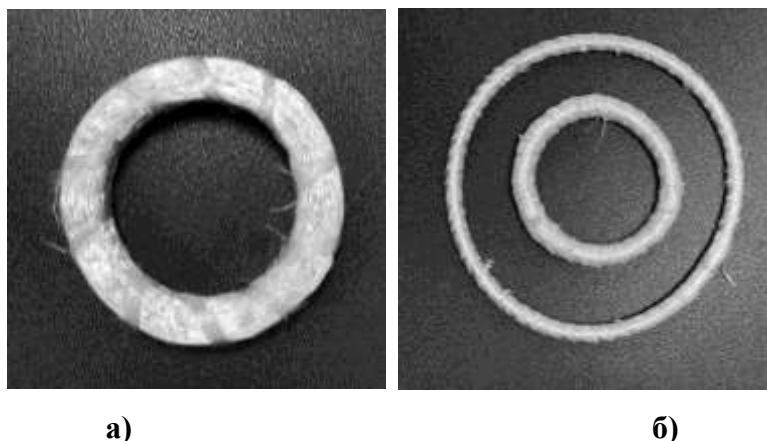
держивали в течение 6 ч при температуре 22°C для полимеризации герметика, после чего отжигали для удаления связующего, плотность после отжига составляет 1,73 г/см<sup>3</sup> [13]. На рис. 2 представлено изображение высокотемпературного кольцевого уплотнения ВИАМ.



**Рис. 2. Высокотемпературного кольцевого уплотнения ВИАМ**

Кольцевые уплотнения обеспечивают более высокие эксплуатационные свойства чем уплотнения из наполненных шнуров: низкую теплопроводность, высокую герметичность и упругие свойства. Конструкция высокотемпературного кольцевого уплотнения разработанного А.В. Медведевым [14] включает сердцевину, выполненную из неорганических волокон или нитей, а также тороидальную обмотку сердцевины кручеными нитями, ровингом или лентой. Обмотка сердцевины нитью или лентой препятствует ее расслоению при приложении к уплотнению сжимающей нагрузки, и соответственно волокнистые элементы уплотнения не проникает в зазоры сальникового узла или фланцевого соединения. Трудозатраты на изготовление кольцевого уплотнения от 5 до 10 минут, плотность от 1,1 до 1,4 г/см<sup>3</sup> в зависимости от натяжения при намотке сердцевины и натяжения при обмотке сердцевины. На рис. 3 представлены фотографии кольцевого уплотнения с обмоткой сердцевины ровингом (а) и лентой (б).

Разработанная технология производства кольцевых уплотнений позволяет обеспечить высокую точность наружного и внутреннего диаметра. Для уплотнений имеющих размеры Ø56 x Ø40 x 8 мм, предельные отклонения по наружному и внутреннему диаметру 0,1 мм. Высокая точность изготовления кольцевых уплотнений увеличивает эффективность эксплуатации за счет минимальных зазоров при установке в узлах уплотнений.



**Рис. 3. Кольцевое уплотнение с обмоткой сердцевины ровингом (а) и лентой (б)**

Преимуществами уплотнений, выполненных по патенту [14] является возможность изготовления кольцевых уплотнений с высокой заданной точностью размеров и геометрической формы поперечного сечения.

## Список литературы

1. Конкурсная документация на проведение открытого конкурса на право заключения государственного контракта по Государственной программе Российской Федерации «Развитие оборонно-промышленного комплекса» на выполнение на опытно-конструкторской работе «Разработка технологии изготовления работоспособных в окислительных средах теплоизоляционных материалов и герметизирующих гибких уплотнений для ГЛА и тракта ГПВРД, объемно-армированных структур эластичного шарнира поворотного управляемого сопла РДТТ» (шифр «Сборка») URL:<http://synapsenet.ru/zakupki/fz44/0995000000217000135%231--moskva-razrabotka-tehnologii-izgotovleniya>.
2. Апухтина Т. Л. Способ получения высокотемпературных защитных покрытий на карбидокремниевых волокнах. Автореф.т дис. ... канд. техн. наук. М.: ГНИИХТЭОС, 2015, 25 с.
3. Отчет о выполнении НИР «Разработка новых и усовершенствование существующих технологий, разработка технической документации, создание опытных и пилотных установок, отработка технологий в опытных условиях, разработка и выдача исходных данных для проектирования прогрессивных производств кремнийорганических и элементоорганических полимеров и композиций, фосфазенов, бескислородных керамообразующих полимеров класса силазанов для изготовления высокотемпературных карбонитридов и нитрида кремния, прекурсоров для получения карбидов, тантала и гафния, работоспособных при температуре до 3000°C», шифр «Кремний» <https://zakupki.gov.ru/epz/contract/contractCard/common-info.html?reestrNumber=0173100009511000275>.
4. ГОСТ Р 57194.1-2016. Трансфер технологий. Введ. 2017-05-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2017. – 22 с.
5. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года. <https://viam.ru/public/files/2012/2012-206065.pdf>.
6. Щетанов Б.В. Механизм формирования структуры и разработка процессов получения поликристаллических волокон оксида алюминия для теплозащитных и теплоизоляционных материалов. Дисс. ... докт. техн. наук в форме науч. докл. М.: ФГУП ВИАМ, 2000. 70 с.
7. Балинова Ю.А. Непрерывные поликристаллические волокна оксида алюминия для композиционных материалов. Дисс. ... канд. техн. наук. – М.: ФГУП ВИАМ, 2012. 152 с.
8. Рогозин Д.О. Прыжок в шестое поколение. Российская Газета от 28.03.2014. <https://rg.ru/2014/03/28/rogozin.html>.
9. Ситников С.Е., Кошно П.А. Прикладные НИОКР – центральное звено инновационных проектов// Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2017. № 2. С. 4.
10. Медведев А.В, Разумеев К.Э. Крученые нити из оксида алюминия для изделий технического назначения// Швейная промышленность. 2014. № 2. С. 18.
11. Медведев А.В. Шнур из крученых нитей оксида алюминия отечественного //Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. 2020. Т 48. №2. С. 59.
12. Fiber gasket and method of making same. Siemens Westinghouse Power Corporation Patent US 6,511,076 B1. Int. cl. F16L 17/06. 28.01.2003.
13. Ивахненко Ю.А., Баруздин Б.В., Варрик Н.М., Максимов В.Г. Высокотемпературные волокнистые уплотнительные материалы//Авиационные материалы и технологии. 2017. S C. 272.
14. Медведев А.В. Сальниковое высокотемпературное уплотнение. Патент RU 2722681 С1. Кл. МПК F16J 15/18. 03.06.2020.

**АРКТИЧЕСКАЯ ЗОНА РОССИИ: ВЫЗОВЫ ГЛОБАЛЬНОЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ  
RUSSIAN ARCTIC ZONE: CHALLENGES OF GLOBAL ENERGY  
TRANSFORMATION**

**Конотопов Михаил Васильевич \*, Левин Юрий Анатольевич \*\*,  
Никитин Александр Александрович \*\*\*  
Konotopov Michael Vasilievich \*, Levin Yuri Anatolyevich \*\*,  
Nikitin Alexander Alexandrovich \*\*\***

*\*Российская инженерная академия, г. Москва, Россия;*

*\*Russian Academy of Engineering, Russia, Moscow  
(e-mail: mishaperedelkino@gmail.com)*

*\*\*Московский государственный институт международных отношений  
Министерства иностранных дел России, Россия, Москва*

*\*\*Moscow state institute of international relations under the MFA of Russia, Russia, Moscow  
(e-mail: levin25@mail.ru)*

*\*\*\*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Россия, Москва  
\*\*\*Russian state University A. N. Kosygin, Russia, Moscow  
(e-mail: pariskom@sovintel.ru)*

*Аннотация:* Обосновывается принципиальное расположение приоритетов в энергоснабжении арктических территорий России с большим количеством изолированных потребителей. Дается структура потребления электрической энергии в арктических регионах России в контексте их промышленной специализации. Приводятся концептуальные представления о геополитических и социально-экономических последствиях формирования нового энерго-технологического уклада в условиях энергетической трансформации Арктики.

*Abstract:* The article substantiates the principal location of priorities in the energy supply of Russian Arctic territories with a large number of isolated consumers. The structure of electric energy consumption at the Russian Arctic regions in the context of their industrial specialization is given. The article presents conceptual ideas about the geopolitical and socio-economic consequences of new energy- technological mode in the conditions of energy transformation in the Arctic.

*Ключевые слова:* арктические территории, возобновляемые источники энергии, энерго-технологический уклад

*Keywords:* Arctic territories, renewable energy sources, energy and technological mode

Странами, которые позиционируют себя как арктические державы, являются Россия, Канада, Дания, Норвегия, США, Швеция, Финляндия и Исландия. Из российских регионов к арктической зоне полностью или частично относятся Мурманская, Архангельская области, Республика Карелия, Ненецкий АО, Республика Коми, Ямало-Ненецкий АО, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Чукотский АО.

В Арктической зоне Российской Федерации (далее – АЗРФ) добывается большая часть российской нефти, угля, золота, сосредоточены дефицитные в России руды, все алмазные месторождения; выплавляется основная часть никеля, меди, алюминия. В целом, подавляющая часть природных ресурсов, около 90%, сосредоточена в арктических

зонах. Вклад регионов, входящих в арктическую зону, составляет около половины доходной части бюджета России и почти три четверти экспорта страны. АЗРФ, особенно ее восточная часть, обладают большим ресурсным потенциалом. Ее разведанные запасы составляют 7,3 млрд. т нефти и более 50 трлн куб. м природного газа. АЗРФ один из важнейших неразработанных, нетронутых резервуаров углеводородов. В целом энергетические ресурсы АЗРФ оцениваются в 106 млрд тонн нефтяного эквивалента [1].

Основная задача современного этапа освоения АЗРФ заключается в реализации стратегии развития этого региона с учётом его уникального географического и геополитического положения на пути развития новых транспортных путей, колоссальных запасов природных ресурсов, изменений в глобальном распределении сил на мировой арене, укрепления обороноспособности России в соответствии с военно-стратегическим значением региона. В настоящее время на территории АЗРФ происходят перемены, содержание которых не имеют аналогов в большинстве регионов. 13 мая 2020 г. было подписано Постановление Правительства Российской Федерации о социально-экономическом развитии Арктической зоны, в рамках которого планируется реализация крупнейших инвестиционных проектов. Ориентирами Стратегии развития Арктической зоны России до 2035 года являются привлечение 15 трлн. руб. инвестиций в регион, обеспечение грузопотока по Северному морскому пути (СМП) до 80 млн тонн, создание высокооплачиваемых рабочих мест [2].

Инвестиционную привлекательность арктических территорий в значительной мере сдерживает наличие присущих ей ряда проблем энергетической безопасности, вызванных крайне ограниченным применением традиционных схем поставок электроэнергии от крупных электростанций через сети в Арктике; дефицитом энергии и ее дороговизной, многозвенными транспортными схемами доставки топлива. Все вместе это не только негативно отражается на развитии экономики, но и ограничивает возможности обеспечения комфортности проживания и повышения привлекательности северных территорий.

Преимущественно изолированное энергообеспечение арктических районов осуществляется отдельно в каждом поселении при помощи дизельных электростанций (ДЭС), топливо для которых доставляют один раз в год в рамках северного завоза. В России стоимость ежегодного северного завоза топлива в районы Арктики достигает 100 млрд. руб., что примерно вдвое превышает стоимость дизельного топлива для центральных регионов. Покрытие расходов на транспорт топлива осуществляется за счет бюджетных субсидий. Выделение из бюджетных источников финансовых ресурсов для приобретения и доставки топлива дизельным электростанциям, делая энергию экономически более доступной, не решает проблему высокой себестоимости производства электроэнергии на ДЭС, характеризующихся преимущественно низким КПД и ростом удельного расхода топлива на выработку электроэнергии [3].

Динамика и структура потребления электрической энергии в арктических регионах в большой степени зависит от их промышленной специализации. В некоторых регионах, например в Якутии, довольно велика доля добывающей промышленности, а в менее промышленно развитых территориях, например Северо-Эвенском районе почти половина приходится на потребление электроэнергии в зданиях [4]. Такие же существенные различия характерны для поселков с изолированными системами электроснабжения в европейской части российской Арктики. Например, в Мурманской области на долю промышленности приходится более половины потребления электроэнергии, а на долю зданий – около 10%.

В связи с географическими особенностями Арктики перспективной является возобновляемая энергетика. В целом переход на преимущественное использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Арктике имеет большую экономическую це-

лесообразность, чем на остальной территории России, т.к. окупаемость обеспечивается за счёт экономии дорогого дизельного топлива.

Уточним, что замена дизельной генерации на ВИЭ потенциально возможна и вне Арктики, где на изолированных территориях отсутствуют или слабо развиты централизованные системы энергоснабжения. Однако наибольшие преимущества изолированные энергетические системы на основе ВИЭ имеют именно в Арктике из-за ее географических ограничений и высокой цены расширения зоны централизованного энергоснабжения.

Альтернативная энергетика помогает снизить экономические риски, возникающие из-за резкого колебания цен на природный газ и дизельное топливо. Добавим, что в СССР еще в 1980-х гг. велись разработки по повышению уровня электрификации средне- и низкотемпературных процессов посредством оснащения промышленных и бытовых объектов системами производства электроэнергии с учетом изменения условий развития энергетики, вызванных опережающим удорожанием качественного топлива [5]. При этом проводилась сравнительная оценка эффективности энергоносителей с учетом требований к ресурсосбережению, улучшению условий труда и быта, охране окружающей среды.

Изолированные энергетические системы арктических стран представляют потенциальную нишу для замены дизель-генераторов возобновляемыми источниками энергии. Например, в Канаде — пятой в мире стране по производству энергетических ресурсов после РФ, КНР, США и Саудовской Аравии и второй по величине арктической державе после России - ключевой план повышения энергоэффективности за счет применения возобновляемой энергетики в ее северных регионах: Юконе, Северо-Западных территориях и Нунавуте – составляющих почти 40% территории страны, заключается в направлении денежных потоков, идущих в эти регионы на оснащение домохозяйств самыми энергоэффективными моделями, среди которых солнечные батареи и ветрогенераторы, чаще всего представляющие комбинированные энергоустановки (КНЭ).

КНЭ - гибридный энергетический мини-комплекс, состоящий из солнечных фотоэлектрических панелей с аккумуляторами, ветрогенераторов и газового или дизельного генератора, включающегося при недостатке солнечной и ветровой энергии из-за погодных условий [6]. Канадский опыт показывает, что в Арктике наиболее успешно работают именно такие гибридные системы, сократить количество потребляемого обычными генераторами топлива.

Хотя настоящее время менее 10% всей энергии Канады производится с использованием гибридных систем ВИЭ, в последние годы в Канаде план постепенного перехода до 2050 г. на энергоэффективные модели - энергию ветра и солнца для средне- и низкотемпературных процессов промышленности, сельского хозяйства и быта - вышел на первое место, как одно из приоритетных направлений энергетической политики Канады и считается «вызовом нового энергетического века» [7].

Большинство ВИЭ представляют собой по сути энергетические потоки, в то время как все ископаемые виды топлива являются запасами. Хотя запасы энергии обладают безусловной способностью сохраняться сколь угодно длительное время, но могут быть использованы только один раз. В отличие от ископаемых видов топлива, потоки энергии не исчерпывают себя. Кроме того, их всегда сложнее прервать. Изобилие потоков ВИЭ укрепит энергетическую безопасность и будет способствовать большей энергетической независимости для большинства государств. В то же время, по мере развития ВИЭ и все большей интеграции энергосистем разных стран, появятся новые взаимозависимости и торговые модели. Анализ показывает, что конфликты, связанные с

нефтью и газом, могут уменьшиться, равно как и стратегическая важность некоторых морских споров.

В условиях энергетической трансформации Арктики геополитические и социально-экономические последствия формирования нового энерго-технологического уклада могут быть столь же глубокими, как и те, которые сопровождали переход от биомассы к ископаемому топливу два столетия назад. [8]. Определение логики развития, идентификации периода и принципов внедрения нового энерго-технологического уклада, основанного на ВИЭ, представляет «фарватер», в котором можно уловить направление технико-экономического развития глобальной экономики и ее энергетического сектора, как одной из локаций, а также объективно формирующиеся препятствия на пути указанного развития, вызывающие изменения в положении государств на международной арене [9].

Концептуально можно считать, что новый энерго-технологический уклад способен изменить методы и формы управления государствами, поскольку в отличие от ископаемого топлива, возобновляемые источники энергии, в которых нуждаются все арктические страны, вполне доступны в той или иной форме во многих регионах мира. Существенные изменения в энергетическом секторе могут повлечь за собой и изменения в политическом устройстве мира в целом, поскольку снижение зависимости от узкого круга поставщиков энергоносителей способно со временем привести к геополитическим переменам. Аргументировать такую точку зрения можно тем, что в процессе изменения экономико-технологической картины мира будут доминировать всё те же промышленные развитые страны, которые являлись инициаторами процесса развития ВИЭ. Например, Китай укрепил свое геополитическое положение, в том числе, благодаря соответствующим инвестициям в производство с последующим экспортом и установкой солнечных батарей, ветряных турбин, аккумуляторов и электромобилей.

*Заключение.* Формирование нового энерго-технологического уклада приводит к появлению новых лидеров в области энергетики. Это означает, что страны, осуществляющие крупные инвестиции в технологии, основанные на использовании ВИЭ, усилят влияние на мировой арене. С ростом разнообразия энергетических субъектов связана также возможность изменения торговых отношений, а появление в последние годы альянсов, основанных преимущественно на трансрегиональных соглашениях, способно в перспективе сократить влияние в глобальном масштабе экспортеров ископаемого топлива, если они своевременно не смогут адаптироваться к новому энерго-технологическому укладу. Перспективы этих глобальных перемен, связанные с ними открывающиеся возможности диверсификации национальной экономики и риски, касаются и России.

#### Список литературы

1. Арктика– это наша жизнь. – Текст: электронный // ПроАтом: сайт. – 2020. – URL: <http://www.proatom.ru/> (дата обращения 05.05.2020)
2. Левин Ю.А., Павлов А.О. Инвестиционная деятельность и налоговые режимы в Арктической зоне Российской Федерации//Финансы. 2020. № 9. С. 21-25.
3. Асаул А. Н., Асаул М. А., Левин Ю. А., Платонов А. М. Энергоснабжение изолированных территорий в контексте привлечения инвестиций и развития экономики региона//Экономика региона. 2020. Т. 16, вып. 3. С. 884-895. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-16>
4. Суржикова О.А. Проблемы и основные направления развития электроснабжения удаленных и малонаселенных потребителей России // Вестник науки Сибири. 2012. № 3 (4). С. 103-108.

5. Левин Ю.А., Вяткин М.А. Оценка эффективности электрификации некоторых средне- и низкотемпературных процессов химической промышленности //Промышленная энергетика. 1984. №3. С.3-5.

6. Off-grid renewable energy systems: status and methodological issues. Working paper// International Renewable Energy Agency (IRENA). 2015.

7. Попель О.С., Фортов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире //М.: МЭИ, 2018.

8. Глобальная комиссия по геополитике в условиях энергетической трансформации. Доклад «Новый мир» //IX Ассамблея Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA) - 2019.

9. Павлов А.О. Прогнозные оценки экономико-технологической картины мира в контексте формирования нового уклада //Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 1. №11. С. 25-31.

УДК 691

## **ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ УЛЬТРАЗВУКА И ИНФРАЗВУКА CELLULAR CONCRETE FOR PROTECTION AGAINST ULTRASONIC AND INFRASONIC**

**Федюк Роман Сергеевич\*, Баранов Андрей Вячеславович\*,  
Лесовик Валерий Станиславович\*\*\* \*\*\*,  
Fediuk Roman Sergeevich \*, Baranov Andrey Vyacheslavovich \*,  
Lesovik Valery Stanislavovich \*\*\* \*\*\***

*\* Дальневосточный федеральный университет, Россия, Владивосток*

*\* Far Eastern Federal University, Russia, Vladivostok*

*(e-mail: roman44@yandex.ru)*

*\*\* Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Россия, Белгород*

*\*\* Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shukhov, Russia, Belgorod*

*\*\*\*Международная инженерная академия*

*(e-mail: naukavs@mail.ru)*

*Аннотация:* Разработка ячеистых бетонов для защиты от ультразвука и инфразвука являются актуальной задачей для обеспечения комфорта городского населения. Получены составы газо- и пенобетонов различной плотности и исследованы их звукопоглощающие характеристики. На основании полученных экспериментальных результатов проведено уточнение математической модели коэффициента звукопоглощения с учетом пористой структуры, как цементного камня, так и заполнителя. Доказано, что эффективное поглощение инфракрасных и низкочастотных акустических волн достигается при повышении массивности и плотности ячеистых бетонов; для поглощения ультразвуковых волн наблюдается обратная тенденция – при снижении плотности за счет создания высокой открытой пористости звукопоглощение улучшается и доходит практически до 100%.

*Abstract:* The development of cellular concrete for protection against ultrasound and infrasound is an urgent task to ensure the comfort of the urban population. Compositions of



gas and foam concrete of different density have been obtained and their sound-absorbing characteristics have been investigated. Based on the experimental results obtained, the mathematical model of the sound absorption coefficient was refined, taking into account the porous structure of both cement stone and aggregate. It has been proved that effective absorption of infra-acoustic and low-frequency acoustic waves is achieved by increasing the massiveness and density of cellular concrete; for the absorption of ultrasonic waves, the opposite tendency is observed - with a decrease in density due to the creation of high open porosity, sound absorption improves and reaches almost 100%.

*Ключевые слова:* ячеистый бетон, пенобетон, газобетон, звукопоглощение, инфразвук, ультразвук.

*Keywords:* aerated concrete, foam concrete, aerated concrete, sound absorption, infrasound, ultrasound.

Эффективные бетоны с улучшенными акустическими характеристиками имеют потенциал для применения в различных сферах строительства: как в градостроительстве (например, для ограждения высокоскоростных дорог), так и в гражданском строительстве - для защиты людей в жилых помещениях и на рабочих местах от воздушного, ударного и структурного шума, в том числе и в условиях воздействия акустического оружия. Проектирование материалов с улучшенными акустическими характеристиками возможно лишь при использовании новейших достижений строительного материаловедения и управления процессами структурообразования за счет создания пористой структуры с преобладанием открытой пористости.

Всесторонний теоретический обзор выявил, что на современных городских жителей действует целый комплекс акустических воздействий различных спектров (слышимого, инфразвукового и ультразвукового) [1-6]. Кроме того, действующие и перспективные образцы акустического нелетального оружия, разработанного для органов охраны правопорядка, заставляют искать строительные средства защиты населения от них.

Исходя из этого, актуальным является проектирование композитов с заданной пористой структурой, способных эффективно поглощать акустическую энергию различных диапазонов. Известно, что разработка цементных материалов, обладающих необходимой прочностью и высокой открытой пористостью, возможна только в результате контролируемого формирования макро-, микро- и наноструктуры. При этом, обеспечение акустического комфорта населения должно проводиться в увязке с заботой о сохранении окружающей среды, что решается путем минимизации потребления цемента с одновременной утилизацией промышленных отходов.

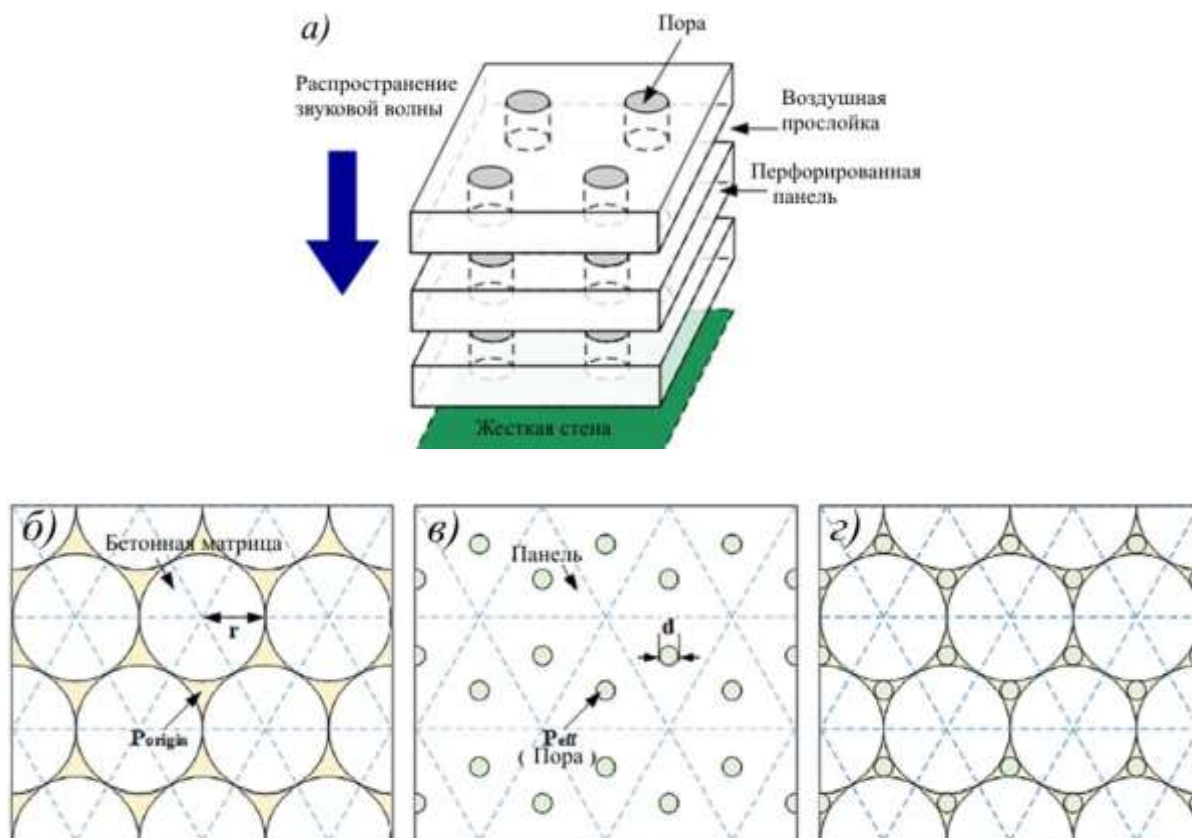
Важнейшая структурная особенность звукопоглощающих материалов – открытые поры, в которых звуковая энергия преобразуется в тепловую. Механизм звукопоглощения отличается от эффективной теплоизоляции, для которой характерно наличие закрытой пористости. Однако, материалы с открытой пористостью обладают высокими водопоглощением и морозостойкостью, соответственно, низкой долговечностью. Соответственно, необходимо создание высокопористых конструкционных материалов с одновременным обеспечением нормативной прочности и долговечности.

Таковыми материалами могут быть ячеистые бетоны, которые, при значительной экономии цемента, способны служить материалом для несущих и ограждающих тепло- и звукоизоляционных конструкций. Особо перспективно при этом создание малоэнергоемких неавтоклавных газо- и пенобетонов.

Исходя из вышеизложенного, в статье обозначена рабочая гипотеза о возможности разработки неавтоклавных звукопоглощающих ячеистых бетонов в результате кон-

тролируемого формирования макро-, микро- и наноструктуры за счет использования полиминеральных систем и получения открытой пористости выше 60%.

Упрощенной, но адекватной моделью пористой среды, применяемой в работе, является модель многослойной перфорированной панели с воздушными прослойками между слоями, предложенная Д. Маа [7] (рис. 1). Данная модель была принята для моделирования звукопоглощения разработанного бетона из-за ее простоты; воздушные полости предполагаются однородной формы с одинаковым диаметром  $d$ .



**Рис. 1. Модель многослойной перфорированной панели: а) схематическое представление ячеистого бетона в виде панели, б) упрощенное представление бетонной матрицы, в) упрощенное представление эффективного диаметра пор, г) приведенная пористость панели**

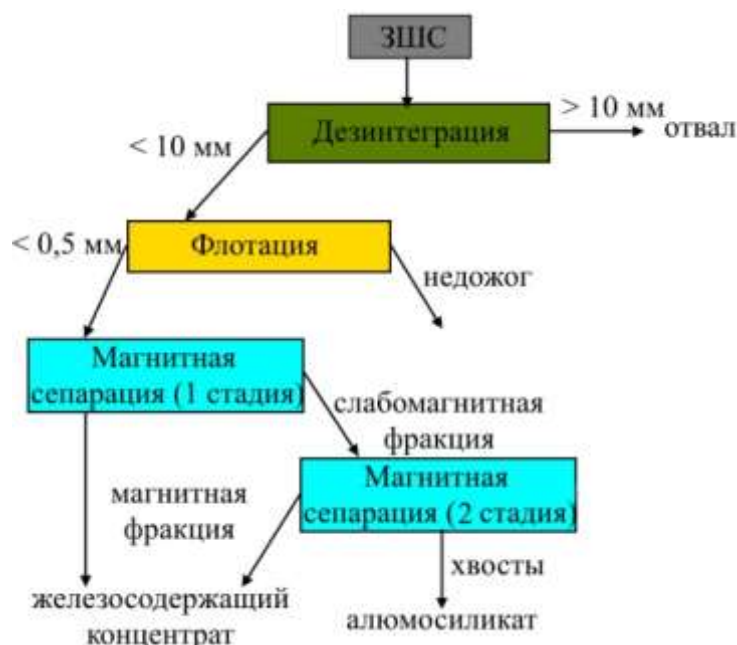
На основании принятой модели с помощью электроакустической аналогии сопротивлений может быть вычислен коэффициент звукопоглощения  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{4R/\rho_0 c_0}{\left(1 + R/\rho_0 c_0\right)^2 + \left(M/\rho_0 c_0\right)^2} \quad (1)$$

В то же время, данная модель не учитывает влияние пористого заполнителя, введенного в состав бетона для поглощения инфразвуковых и ультразвуковых волн, на коэффициент  $\alpha$ . Поэтому в статье одной из задач стоит усовершенствовать математическую модель звукопоглощения ячеистых бетонов с учетом пористого заполнителя на основе полученных экспериментальных результатов.

Для управления структурообразованием цементного композита необходимо применение нового сырья. Принимая во внимание, что в России накоплены огромные отвалы гидроудаленных золошлаковых смесей, в диссертации была разработана технология их четырехступенчатой очистки (рис. 2) с последующим получением алюмосиликатной добавки (АД) (рис. 3).

В табл. 1 приведены разработанные составы ячеистых бетонов.



**Рис. 2. Разработанная технологическая схема очистки ЗПС**

В табл. 2 показана взаимосвязь между прочностью на сжатие и общей пористостью для всех исследуемых разработанных составов согласно табл. 2 (13 составов по 6 образцов каждый), где наблюдается обратное соотношение между прочностью и общей пористостью ячеистого бетона.

Следует отметить, что газобетонные образцы показывают самую высокую открытую пористость и одновременно относительно низкую прочность на сжатие. Другими словами, даже несмотря на то, что алюминиевый порошок эффективнее с точки зрения создания пустот, включая открытую пористость, прочность на сжатие несколько ниже, чем у образцов с пенообразователем. Добавление полипропиленовой фибры в бетон является эффективным средством повышения прочностных характеристик с незначительным влиянием на пористость. Кроме того, хотя замена вермикулита на кварцевый песок увеличивает прочность на сжатие, открытая пористость при этом снижается из-за улучшенной упаковки частиц, что, будет отрицательно сказываться на звукопоглощении ультразвука и положительно для поглощения инфразвуковых и низких частот.

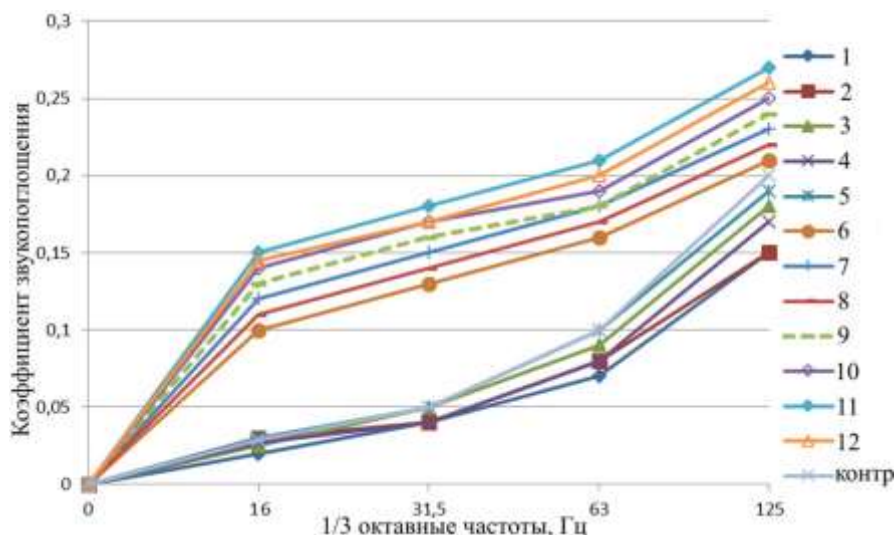
Было проведено исследование прохождения акустических волн инфразвуковых и низких частот через разработанные образцы. Характеристики звукопоглощения были изучены на установке БЖ-2М двумя взаимодополняющими методами: с помощью измерителя шума и вибрации ВШВ 003 МЗ и с помощью программы InfraSound Detector, использующей микрофон смартфона (рис. 3). Анализируя представленные на рис. 4 экспериментальные результаты, видим, что эффективность поглощения инфразвуковых и низких волн в диапазоне 0-125 Гц напрямую зависит от массы и плотности образца: более массивный и плотный образец лучше поглощает волны низких частот.

**Таблица 1. Разработанные составы ячеистых бетонов**

Компоненты, кг/м <sup>3</sup>	Номер состава												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	контр.
Портландце- мент	150	105	125	85	192	130	160	110	240	170	200	140	125
Известь	-	45	-	40	-	62	-	50	-	70	-	60	50
ЗШС	100	100	125	125	128	128	160	160	160	160	200	200	-
Вода	100	100	112,5	112,5	128	128	144	144	150	150	180	180	98
Пенообразо- ватель «Эта- лон»	0,8	-	0,8	-	1	-	1	-	1,2	-	1,2	-	-
Алюминиевый порошок	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0,5	0,5
Двуводный гипс	-	2,5	-	2,1	-	3,2	-	2,7	-	4	-	3,5	2,5
Хлористый кальций	-	1,5	-	1,3	-	2	-	1,7	-	2,5	-	2,2	1,5
Суперпласти- фикатор Pantarhit PC 160	1,1	1,1	1,1	1,1	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	-
Гидрофобиза- тор АМСР-3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,32	0,32	0,32	0,32	0,4	0,4	0,4	0,4	-
Вспученный вермикулит	35	35	35	35	20	20	20	20	-	-	-	-	-
Кварцевый песок	-	-	-	-	180	180	180	180	335	335	335	335	120
Полипропилен- овая фибра	-	-	12	12	-	-	12	12	-	-	12	12	-
В/Т	0,4	0,4	0,45	0,45	0,4	0,4	0,45	0,45	0,4	0,4	0,45	0,45	0,56

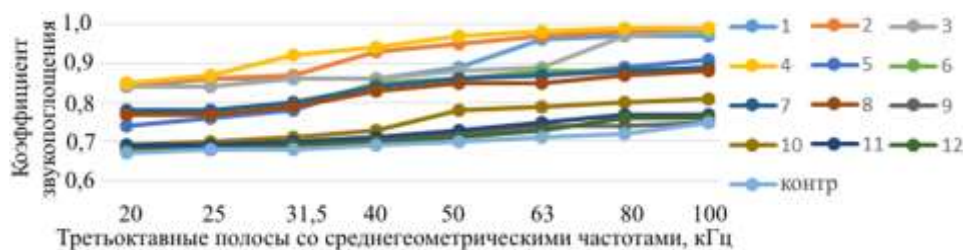
**Таблица 2. Разработанные составы ячеистых бетонов**

Номер состава	Прочность на сжатие	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Общая пори- стость, %	Открытая по- ристость, %	Закрытая по- ристость, %
1	1,1	315	85,1	40,0	45,1
2	1,1	322	85,2	61,9	23,2
3	1,5	331	87,0	39,8	47,2
4	1,0	329	85,0	62,1	22,9
5	4,0	584	69,8	30,1	39,7
6	4,3	592	70,0	42,3	27,7
7	4,9	602	69,7	26,0	43,7
8	4,0	601	70,7	50,8	19,9
9	7,6	815	63,6	23,9	39,7
10	7,5	826	63,9	36,8	27,1
11	7,8	836	65,4	25,8	39,6
12	7,6	834	63,3	41,1	22,2
контр.	1,0	321	72,7	41,9	30,8



**Рис. 3. Результаты коэффициентов звукопоглощения разработанных составов на инфразвуковых и низких частотах**

Скорость прохождения ультразвуковых волн была исследована с помощью прибора «Пульсар-1.1». Для определения звукового давления была использована программа UltraSound Detector. Интерпретированные результаты приведены на рис. 4.



**Рис. 4. Зависимость коэффициента звукопоглощения от ультразвуковых частот для различных составов**

Анализируя график, приведенный на рис. 5, находим тенденцию противоположного характеру поглощения инфразвуковых и низких частот. Для ультразвука, впрочем, как и для слышимых частот, что было исследовано раньше [8-10], характерно увеличение звукопоглощения с уменьшением пористости и, соответственно, плотности.

Полученные эмпирические результаты показали, что математическая модель коэффициента звукопоглощения (1) не может быть применима для всех спектров акустического воздействия (слышимый звук, ультразвук, инфразвук). Это связано, как с тем, что в данной модели не учтен вид пористости (открытая или закрытая), так и с тем, что не учтено влияние пористого заполнителя. В то же время, как было выявлено ранее, именно наличие пористого заполнителя оказывает решающее действие на изменение коэффициента звукопоглощения бетона.

В ходе уточнения математической модели на основании полученных экспериментальных данных, были введены коэффициенты  $a$  и  $b$  (табл. 3), тогда формула коэффициента звукопоглощения принимает следующий вид.

$$\alpha = \frac{aR/\rho_0 c_0}{(1 + aR/\rho_0 c_0)^2 + (bM/\rho_0 c_0)^2} \quad (2)$$

**Таблица 3. Коэффициенты  $a$  и  $b$  для предлагаемой математической модели**

Открытая пористость, %	Вид заполнителя		
	пористый	пористый+плотный	плотный
20-30	1,25/0,73	0,95/1,06	0,66/1,46
30-40	1,61/0,56	1,05/0,96	0,75/1,33
40-50	2,05/0,46	1,25/0,92	1,05/1,26
50-60	2,38/0,33	1,33/0,46	2,05/1,00

В заключение статьи следует отметить, что, что ячеистые бетоны на композиционных вяжущих, являются эффективным материалом для звукопоглощения акустических волн, как слышимого, так и неслышимого спектров. Выявлена взаимосвязь между компонентами композиционного вяжущего, соотношением пористого и плотного мелкого заполнителя и процессами структурообразования, что позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики.

#### Список литературы

1. *Осипов Г.Л.* Защита от шума в градостроительстве / Л.Г. Осипов, В.Е. Коробков, А.А. Климухин и др. - М.: –Стройиздат, 1993. 96 с.
2. *Oancea I.* Considerations on sound absorption coefficient of sustainable concrete with different waste replacements / I. Oancea, C. Bujoreanu, M. Budescu, M. Benchea, C.M. Gradinaru // Journal of Cleaner Production. 2018. №203. Pp. 301-312.
3. *Lee S. D.* Cause and perception of amplitude modulation of heavy-weight impact sounds in concrete wall structures / S. Lee, D. Hwang, J. Park, J.Y. Jeon // Build. Environ. 2015. doi:10.1016/j.buildenv.2015.04.020.
4. *Гусев В.П.* Проектирование оптимальной защиты от шумового воздействия систем ОВК в административных зданиях предприятий текстильной и легкой промышленности / В.П. Гусев, В.И. Леденев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2016. № 4 (364). С. 146-15.
5. *Johnson D.L.* Theory of dynamic permeability and tortuosity in fluid-saturated porous media / D.L. Johnson, J. Koplik, R. Dashen // Journal of Fluid Mechanics. 1987. № 176. Pp. 379–402.
6. *Гусев В.П.* Компьютерные расчёты уровней шума при проектировании крупногабаритных газоздушных каналов / В.П. Гусев, О.А. Жоголева, В.И. Леденев // Бюллетень строительной техники. 2016. № 6. С. 15-17.
7. *Maa D.Y.* Microperforated panel wideband absorber / D.Y. Maa // Noise Control Eng. J. –1987. № 29. Pp. 77–84.
8. *Федюк Р.С.* Применение сырьевых ресурсов приморского края для повышения эффективности композиционного вяжущего // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2016. № 1. С. 28-35.
9. *Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С., Гридчин А.М., Фишер Х.Б.* Композиционные вяжущие и самоуплотняющиеся фибробетоны для защитных сооружений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 77-85.
10. *Федюк Р.С.* Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) / Р.С. Федюк, А.В. Мочалов, В.С. Лесовик // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 4 (37). С. 85-99.

**УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ СОСТАВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СКВАЖИН  
EQUATIONS OF MOTION OF THE COMPOSITE WORKING BODY  
FOR THE FORMATION OF WELLS**

**Минин Виталий Васильевич \* \*\* , Кleshnin Виктор Юрьевич \*\*  
Minin Vitaliy Vasilevich \* \*\* , Kleshnin Viktor Yurievich \*\***

*\* Российская инженерная академия (РИА)*

*\*\* ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск*

*\*\* Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk*

*(e-mail: vminin@rambler.ru; kleshnin\_gross2@mail.ru)*

*Аннотация:* Предложены уравнения движения составного рабочего органа для разработки скважин на основе дифференциальных уравнений второго порядка и положений классической механики. Практическая значимость заключается в снижении требуемого нажимного усилия для прокола грунта.

*Abstract:* Equations of motion of a compound working body for the formation of well are proposed on the basis of second-order differential equations and the provisions of classical mechanics. The practical significance lies in the reduction of the required pressure force for puncturing the ground.

*Ключевые слова:* рабочий орган для разработки скважин, уравнения движения, требуемое нажимное усилие.

*Keywords:* working body for the formation of well, equations of motion, required push force.

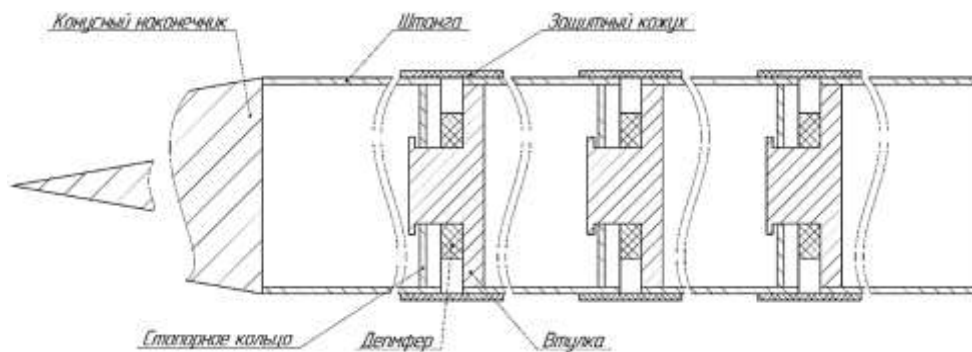
Распространение устройств для разработки скважин методом прокола обусловлено требованиями современных мегаполисов, в стесненных условиях которых оборудование должно быть малогабаритным [1, 2]. Для разработки скважины методом прокола требуется обеспечить большое нажимное усилие, которое достигает 2450 кН [3]. Наряду с последним, ключевым параметром является максимальная длина скважины, которая составляет 50–60 м.

Как правило, для прокола грунта применяются рабочие органы, которые представляют собой жестко-сочлененные стальные цилиндры (штанги) с конусным наконечником на первой штанге и углом заострения 20–25° [4]. Недостаток такого рабочего органа заключается в необходимости преодоления силы трения покоя, возникающей от давления стенок скважины на рабочий орган, по всей его длине.

Проведенный анализ конструкций составных рабочих органов позволил сформулировать следующую цель исследования. Разработать конструкцию, позволяющую разнести во времени преодоления силы трения покоя, создать уравнения расчета движения такого рабочего органа и провести вычислительный эксперимент для различных конструкций.

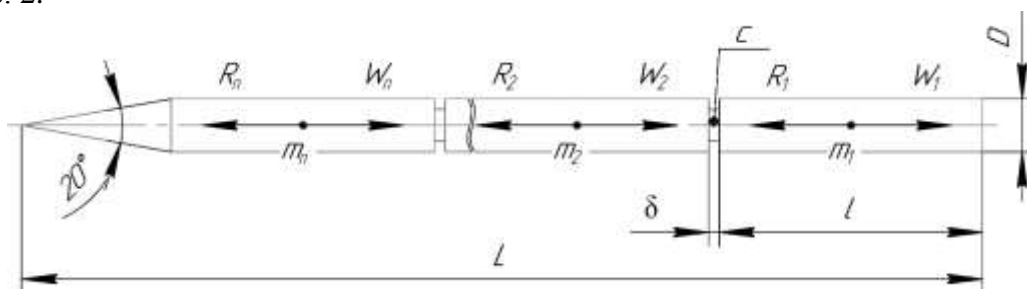
Выдвинута гипотеза о том, что замена трения покоя на трение скольжения элементов составного рабочего органа приводит к сокращению непроизводительных потерь энергии при разработке скважины. Конструктивное решение, представленное на рис. 1, заключается в установке демпфирующих элементов между штангами. Такая конструкция обеспечивает поочередное движение элементов составного рабочего органа, в

результате чего достигается снижение требуемого нажимного усилия за счет поочередного преодоления силы трения покоя элементами этого рабочего органа.



**Рис. 1. Конструкция составного рабочего органа для разработки скважин с демпфирующими элементами**

При математическом моделировании рабочий орган рассматривался как система абсолютно твердых тел, соединенных упругими связями. Расчетная схема представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Расчетная схема составного рабочего органа для разработки скважин с демпфирующими элементами**

Получены дифференциальные уравнения[4] движения составного рабочего органа для разработки скважин под действием нажимного усилия и силами сопротивления движению:

$$\left. \begin{aligned}
 m_1 &= \frac{d^2 x_1}{dt^2} = R_1 - W_1; \\
 m_2 &= \frac{d^2 x_2}{dt^2} = R_2 - R_3 - W_2; \\
 &\dots\dots\dots \\
 m_i &= \frac{d^2 x_i}{dt^2} = R_i - R_{i+1} - W_i; \\
 m_{n-1} &= \frac{d^2 x_{n-1}}{dt^2} = R_{n-1} - R_n - W_{n-1}; \\
 m_n &= \frac{d^2 x_n}{dt^2} = R_n - W_n;
 \end{aligned} \right\}$$



где  $m_1, m_2, \dots, m_n$  – масса штанг;  $R_1, R_2, \dots, R_n$  – равнодействующая усилия, возникающая вследствие движения рабочего органа;  $W_1, W_2, \dots, W_n$  – равнодействующая силы трения движения соответствующих штанг;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – линейные перемещения соответствующих штанг;  $t$  – время.

Данная система обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка неоднородна вследствие вариации во времени  $\tau$  величин  $W$ , а также зазоров  $\delta$  и значений коэффициентов вязкого сопротивления  $\alpha$  в зазоре.

Предполагается, что есть наиболее нагруженный элемент (штанга), которому присваивается индекс, равный единице.

Равнодействующая усилия на  $i$ -ю штангу в процессе движения описывается функцией:

$$R_i = \left[ \left[ c(x_{i-1} - x_i - \delta) + \alpha \left( \frac{dx_{i-1}}{dt} - \frac{dx_i}{dt} \right) \right] \sigma(\delta) \right] + \left[ \left[ c(x_{i-1} - x_i) + \alpha \left( \frac{dx_{i-1}}{dt} - \frac{dx_i}{dt} \right) \right] \sigma(\delta) \right],$$

где  $c$  – жесткость связи;  $\sigma(\delta)$  – единичная функция.

Интегрирование неоднородной системы дифференциальной системы уравнений второго порядка осуществляется методом Рунге-Кутты при следующих начальных условиях ( $\tau = 0$ ):

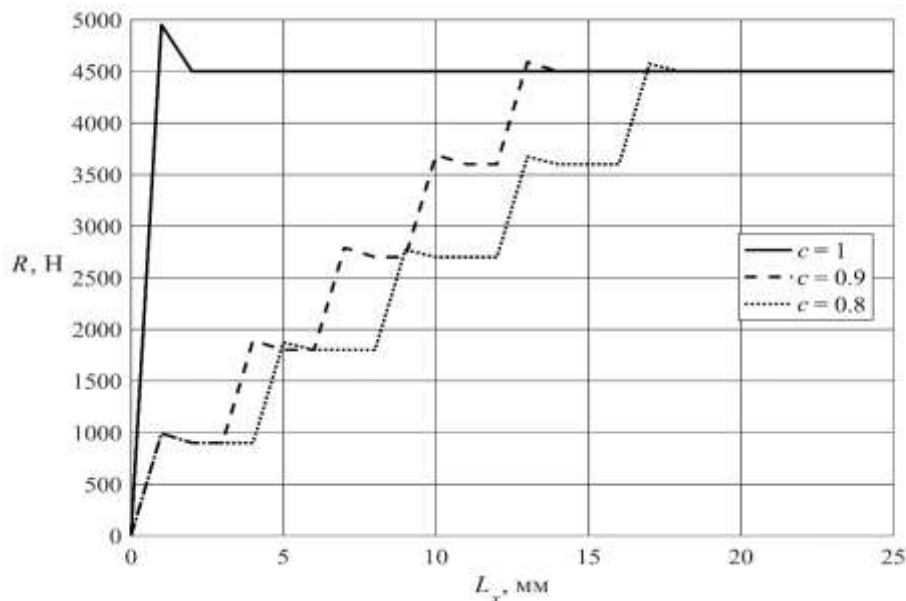
$$\left. \begin{aligned} X_i &= 0; \\ \frac{dx_2}{dt} - \frac{dx_n}{dt} &= V_2 - V_n = 0; \\ \frac{dx_1}{dt} &= V_{\max} \cdot f(t); \end{aligned} \right\}$$

где  $V$  – скорость перемещения штанги.

В результате вычислительного эксперимента в среде *MatLab*[5] получены зависимости (рис. 3) равнодействующей усилия, возникающей в результате движения рабочего органа  $R$ , от линейного перемещения толкателя  $L_x$  при варьировании коэффициента жесткости  $c$ . Исходные данные для расчета: коэффициент трения покоя  $\mu = 0.55$ ; коэффициент трения скольжения  $\mu = 0.5$ ; равнодействующая усилия, возникающая в результате установившегося движения рабочего органа  $R = 4500$ ; коэффициент жесткости  $c = 0.8 \dots 1$ ; количество элементов составного рабочего органа  $n = 5$ .

Разница в требуемом нажимном усилие между составным рабочим органом с жестко-сочлененными элементами и рабочим органом с демпфирующими элементами возникает вследствие отличающихся коэффициентов трения покоя и скольжения. Следовательно, предлагаемая конструкция позволяет снизить требуемое нажимное усилие до 10%, в зависимости от количества элементов составного рабочего органа и коэффициентов жесткости демпфирующих элементов.

Для составного рабочего органа с коэффициентом жесткости  $c = 0.8$  разница между значениями линейных перемещений толкателя и рабочего органа не превышает 16 мм или 1,6% (при  $L_x = 1000$  мм), а требуемое нажимное усилие снижается на 6,7%.



**Рис. 3. График зависимостей равнодействующей усилия, возникающей в результате движения рабочего органа  $R$ , от линейного перемещения толкателя  $L_x$  при варьировании коэффициента жесткости  $c$**

В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

1. Разработана конструкция составного рабочего органа для разработки скважин с демпфирующими элементами, позволяющая разнести во времени преодоление силы трения покоя.
2. Получены дифференциальные уравнения движения составного рабочего органа для разработки скважин с демпфирующими элементами.
3. Получены зависимости равнодействующей усилия, возникающей в результате движения рабочего органа  $R$ , от линейного перемещения толкателя  $L_x$  при варьировании коэффициента жесткости  $c$ .

#### Список литературы

1. Баловнев, В. И. Оптимизация инновационной строительной и транспортной техники, экспериментальная оценка результатов: учебное пособие / В. И. Баловнев, С. Н. Глаголев, Р. Г. Данилов, М. Д. Герасимов. – Москва; Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 284 с.
2. Минин, В. В. Концепция повышения эффективности универсальных малогабаритных погрузчиков: монография. Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2012. – 304 с.
3. Земсков, В. М. Теоретические основы взаимодействия рабочего наконечника с грунтом при проколе горизонтальных скважин: монография. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2010. – 104 с.
4. Минин В. В. Особенности рабочего процесса прокола грунта клиновидным наконечником / В. В. Минин, В. Ю. Клешнин // Борисовские чтения. Материалы II Всероссийской научно-технической конференции. – 2019. – С. 208–212.
5. Кудрявцев, Е. М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов: учебное пособие. Москва: АСВ, 2018. – 328 с.

## ДИНАМИКА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА DYNAMICS OF FIBER MATERIAL BLENDING

Севостьянов Петр Алексеевич, Самойлова Татьяна Алексеевна,  
Вахромеева Екатерина Николаевна  
Sevostyanov Petr Alekseevich, Samoilova Tatyana Alekseevna,  
Vakhromeeva Ekaterina Nikolaevna

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Россия, Москва  
Russian state University after A.N. Kosygin  
(e-mail: petrsev46@yandex.ru)

*Аннотация:* Рассмотрены особенности и общие закономерности математического моделирования динамики перемешивания многокомпонентного волокнистого материала в смесовых, дозирующих и разрыхлительных машинах и агрегатах.

*Abstract:* The features and general regularities for mathematical modeling of the dynamics of blending of multicomponent fibrous material in blending, dosing and opening machines and aggregates are considered.

*Ключевые слова:* волокнистый материал, компоненты, смесь, перемешивание, дозирование, динамика, моделирование.

*Keywords:* fibrous material, components, blends, blending, dosing, dynamics, modeling.

В смешанном волокнистом материале содержатся, как минимум, два различающихся по своим свойствам компонента. Компоненты первоначально пространственно разделены. Перемешивание означает такое перераспределение элементов волокнистой массы компонентов, что во всех областях объема, занятого волокнистым материалом, содержатся оба компонента, причем доля каждого компонента в каждой из областей близка или равна его доле согласно рецепту смеси [1, 2].

Это условие должно выполняться для любого числа и любых областей, на которые мысленно разделяется общий объем волокнистого материала. В отличие от перемешивания жидкостей или сыпучих материалов типа песка или муки, для волокнистых материалов существует естественная нижняя граница размера области, меньше которой говорить о перемешивании бессмысленно. Для приготовительных переходов это размеры одного клочка волокон. Для процессов чесания и вытягивания это размеры одного волокна. Для пряжи и нити это размеры поперечного сечения волокна или нити для оценки перемешивания компонентов в сечениях пряжи или нити.

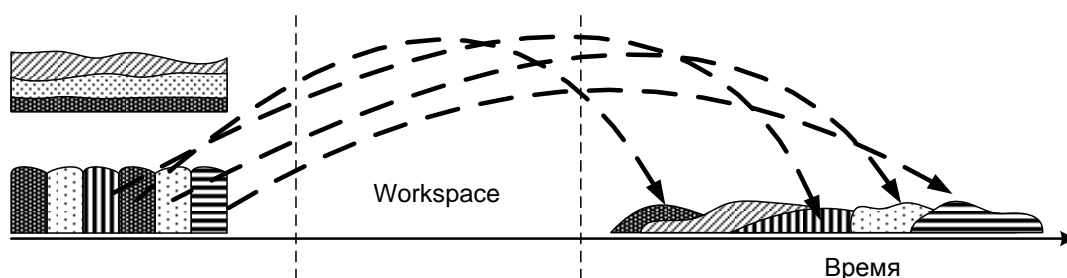
В качестве критерия качества перемешивания может быть использован критерий хи-квадрат [3,4]. Предположим, что весь объем материала разделен на  $n$  областей. Обозначим  $p(j, k)$  долю  $k$ -го компонента в смеси согласно рецепту смеси,  $q(j, k)$  фактическую долю компонента в  $k$ -й области. Тогда критерий качества перемешивания на основе статистики хи-квадрат вычисляется по формуле

$$W(n) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \frac{(p(j,k) - q(j,k))^2}{q(j,k)}$$

Здесь  $k$  – номер области,  $j$  – номер компонента,  $m$  – число компонентов в смеси,  $n$  – число областей. Очевидно, что при идеальном перемешивании  $W(n) \rightarrow 0$  при любом

числе и любых размерах областей. В соответствии с этим требованием критерий численно характеризует равномерность и однородность распределения всех компонентов по всем областям.

На рис.1 в обобщенном виде представлена динамика процесса перемешивания волокнистого материала в рабочем объеме машины или ее узла, осуществляющего технологический процесс [5,6]. На вход поступает поток волокнистого материала, состоящий из компонентов, которые пространственно или во времени разделены или не полностью перемешаны. Чаще всего компоненты в потоке поступают или поочередно, один за другим, или параллельными, но не перемешанными «струями» - потоками. При попадании в рабочий объем под действием рабочих органов машины, воздушных потоков, взаимодействия между элементами волокнистого материала отдельные порции попадают в различные области рабочего объема.



**Рис.1. Схема перемешивания компонентов в смесовых машинах**

Волокнистая масса постепенно перемещается в объеме в течение некоторого времени, пока не выйдет из машины в виде выходящего потока волокнистого материала. Поскольку отдельные компоненты перемещаются в объеме по разным траекториям, а в некоторых случаях и хаотично, непредсказуемо из одной области в другую, то доля каждого компонента в области со временем изменяется. Описываемая схема напоминает диффузионно-переносную схему движения материальной среды: газовой, жидкой или сыпучей, - в аппаратах перемешивания в других областях техники и технологии. Однако, в отличие от этих сред, перемешивание волокнистой массы даже в стационарных режимах отличается высокой турбулентностью движения отдельных элементов, клочков или комплексов волокон [7, 8]. Рассмотрим сначала один компонент. Обозначим его линейную плотность на входе  $g(t)$ , а на выходе  $G(t)$ . За интервал времени  $dt$  при скоростях питания  $v$  и выпуска  $V$  в стационарном режиме, когда в среднем количество волокнистого материала в рабочем объеме не меняется, количества поступающей и выходящей волокнистой массы должно быть одинаковым. Поскольку части поступившей порции могут находиться в рабочем объеме разное время, моменты их выходы будут разные, от некоторого минимального времени  $\tau_{Min}$  и (теоретически) до бесконечности. Обозначим  $a(t, t - \tau)$  долю порции, вошедшей в рабочий объем в момент  $t - \tau$  вышедшей в момент  $t > \tau_{Min}$ .

Значения  $g(t)$  и  $G(t)$  связаны интегральным соотношением

$$G(t) = \frac{v}{V} \cdot \int_{\tau_{Min}}^{\infty} a(t, t - \tau) \cdot g(t - \tau) dt$$

Для стационарного режима  $a(t, t + \tau)$  зависит только от интервала  $\tau$  между моментами входа и выхода порции волокнистого материала и не зависит от времени  $t$ :  $a(t, t + \tau) = a(\tau)$ .

Интеграл можно переписать в виде

$$G(t) = \frac{v}{V} \cdot \int_0^{\infty} a(\tau) \cdot g(t - \tau) d\tau \quad (1)$$

Весовая функция  $a(\tau)$ , определяющая долю порции волокнистого материала, «задержавшуюся» в рабочем объеме на время, превышающее  $\tau_{Min}$  на  $\tau$ , очевидно, обладает всеми свойствами функции плотности вероятностей:

$$a(\tau) \geq 0, \quad \int_0^{\infty} a(\tau) d\tau = 1$$

Эта функция показывает, как входящая в рабочий объем порция волокнистого материала распределяется вдоль выходящего потока вследствие запаздывания разных ее частей в этом объеме на разное время.

Возвращаясь к потоку волокнистого материала из смеси компонентов, получаем ту же формулу интеграла свертки (1) для  $k$ -го компонента

$$G_k(t) = \int_0^{\infty} a_k(\tau) \cdot g_k(t - \tau) d\tau, \quad G(t) = \sum_{k=1}^n G_k(t) \quad (2)$$

Преобразование по Лапласу интегралов (1) и (2) приводит к формулам умножения изображений. Например, для (1) получим

$$\tilde{G}_k(s) = \tilde{a}_k(s) \cdot \tilde{g}_k(s), \quad \tilde{G}(s) = \sum_{k=1}^n \tilde{G}_k(s)$$

Рассмотрим двухкомпонентную смесь и предположим, что в момент  $t = 0$  произошел «скачок» доли 1-го компонента в потоке на входе на величину  $\Delta p$ . Изображение по Лапласу этого ступенчатого изменения равно  $\Delta p / s$ . Предположим также, что весовая функция имеет вид экспоненты (что близко к реальности):  $a(\tau) = c \cdot \exp(-c \tau)$ . Изображение по Лапласу для этой функции равно  $(c + s)^{-1}$ . Скачкообразное изменение доли компонента на входе приведет к изменению доли этого компонента в выходящем потоке в виде функции, изображение которой равно

$$\tilde{P}(s) = \frac{\Delta p}{s \cdot (s + c)}$$

а оригинал представляет собой экспоненциально нарастающую функцию от начальной доли компонента до скачкообразного изменения и до измененного на величину скачка доли компонента в выходящем потоке. При решении предполагалось, что линейная плотность суммарного потока на входе и выходе рабочего объема оставались неизменными.

Сложные аналитические исследования преобразования доли компонента сопряжены с громоздкими преобразованиями, которые редко удастся довести до конечных аналитических выражений. Более универсальным методом является метод численного моделирования преобразования доли смесового состава на компьютере. Для компьютерной реализации переменная времени квантуется с шагом  $dt = 1$ , и интеграл (1) преобразуется в сумму

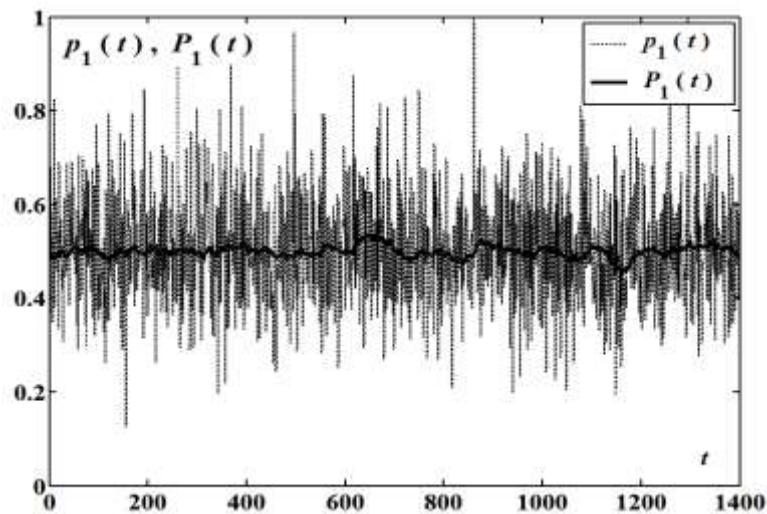
$$G_k(t) = \frac{v}{V} \sum_{\tau=0}^{\tau_{Max}} a(\tau) \cdot g_k(t - \tau), \quad t = 0, 1, \dots, Tm \quad (3)$$

Значения дискретизированной весовой функции  $a(\tau)$  должны удовлетворять условию нормировки

$$\sum_{\tau=0}^{\tau_{Max}} a(\tau) = 1, \quad a(\tau) \geq 0$$

Максимальное значение аргумента  $\tau_{Max}$  весовой функции (распределения)  $a(\tau)$  задает наибольший интервал времени с момента входа порции волокнистого в рабочий объем до момента выхода последнего элемента этой порции из рабочего объема [9]. Сумма (3), как и интеграл (1) представляют собой операцию свертки (конволюции, convolution) функций  $a(t)$  и  $g(t)$ . Для осуществления которой в Matlab,m например, существует встроенная функция CONV. В модели преобразования состава двухкомпонентной смеси при проходе ее через рабочий объем машины линейная плотность волокнистого потока на входе моделировалась нормальным белым шумом со средним  $Mg$  и коэффициентом вариации  $CVg$ . Линейная плотность компонента моделировалась также белым шумом со средним значением  $Mg1$  и коэффициентом вариации  $CVg1$ . Значение  $Mg1 = p Mg$ , где  $p$  – доля компонента в потоке. Весовая функция  $a(\tau)$  выбрана в виде равномерного распределения в пределах от 0 до  $\tau_{Max}$ . Шаг по времени и отношение скоростей питания и выпуска приняты равными единице.

На рис.2 представлены соответствующие линейным плотностям временные диаграммы изменения доли компонента до и после его пребывания в рабоче объеме. Выравнивание случайных вариаций доли компонента говорит о высокой степени перемешивания и выравнивания доли компонента вдоль волокнистого потока. Для оценки эффективности выравнивания в зависимости от величины  $\tau_{Max}$  был проведен компьютерный эксперимент с использованием приведенного скрипта.



**Рис.2. Уменьшение вариаций доли компонента в смешанном волокнистом потоке после перемешивания в рабочем объеме**

В эксперименте варьировались значения  $\tau_{Max} = \tau_{Max1} = 10; 30; 50; 100$  и вычислялись средние значения, коэффициенты вариации, минимальные и максимальные выборочные значения доли компонента до и после пребывания волокнистого материала в рабочем объеме машины. Результаты эксперимента сведены в таблицу 1. Средние значения доли компонента обеспечиваются на заданном уровне при любых интервалах задержки.

Коэффициент вариации доли компонента монотонно убывает с ростом времени пребывания волокнистой массы в рабочем объеме. Минимальные и максимальные зна-

чения при этом сближаются, т.е. диапазон варьирования доли практически стремится к нулю: компоненты практически идеально перемешиваются.

**Таблица 1. Зависимость эффективности перемешивания от длительности пребывания волокнистой массы в рабочем объеме**

$\tau_{Max} = \tau_{Max1}$	10	30	50	100	500	5000
$Mp1$	0,5045	0,5053	0,5045	0,5057	0,5051	0,5056
$MP1$	0,4999	0,5003	0,4994	0,5006	0,5001	0,5005
$CVp1, \%$	22,5667	22,5744	22,5794	22,5875	22,5295	22,613
$CVP1, \%$	7,0456	4,1650	3,1166	2,1459	0,9841	0,3256
$p1min$	0,0806	0,0569	0,0824	0,0699	0,0231	0,0082
$P1min$	0,3672	0,4177	0,4384	0,4519	0,4830	0,4957
$p1max$	1	1	1	1	1	1
$P1max$	0,6577	0,5865	0,5635	0,5407	0,5174	0,5052

### Список литературы

1. Севостьянов, А.Г. Составление смесок и смешивание в хлопкопрядильном производстве. – М.: Гизлегпром, 1954. – 192 с.
2. Эммануэль, М.В. Оценка качества перемешивания клочков компонентов в малых частях смеси. – Изв. ВУЗов: Технология текстильной промышленности, 1963, №1, с.53 – 60.
3. Винтер, Ю.М. Прогнозирование и оценка эффективности процессов смешивания в прядении. - Дис. ... д-ра техн.наук. – Кострома, 1982. – 264 с.
4. Севостьянов, А.Г., Севостьянов, П.А. Энтропия – мера неравномерности смешивания волокон. / Вестник МГТУ им. А.Н. Косыгина, М., 1999, С.31-33.
5. Севостьянов, П.А. Вероятностный подход к оптимизации состава смесок методами линейного программирования. - Изв. ВУЗов: Технология текстильной промышленности, 1980, №4, с.12 – 15.
6. Севостьянов, П.А. Оценка эффективности выравнивания потока и смешивания волокон в смесовой машине периодического действия. – Изв. ВУЗов: Технология текстильной промышленности, 1968, №2, с.48 – 52.
7. Севостьянов, П.А. Исследование работы смесовой машины типа МСП-8Ш методом статистической имитации. – Изв. ВУЗов: Технология текстильной промышленности, 1983, №6, с.40 – 43.
8. Севостьянов, П.А. Рассортировка клочков волокнистого материала и ее влияние на эффективность смешивания в смесовых машинах. - Изв. ВУЗов: Технология текстильной промышленности, 1985, №1.
9. Добринская, Т.А., Севостьянов, П.А. Сравнение эффективности смешивания смешивающими и дозирующими устройствами. - Изв. ВУЗов: Технология текстильной промышленности, 2000, №3. - С.39 – 43.

## КЛЮЧЕВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РФ KEY PRIORITIES OF ENERGY DEVELOPMENT OF THE RUSSIA

Гашо Евгений Геннадьевич  
Gasho Evgeniy Gennadevich

*Национальный исследовательский университет НИУ МЭИ, Россия, Москва*  
*National research university – MPEI, Russia, Moscow*  
*Российская инженерная академия*  
(e-mail: gashoyg@mpei.ru)

*Аннотация:* Рассмотрены ключевые факторы изменений, определяющих функционирование энергетического комплекса в современных условиях. Предложены механизмы сопряжения энергосбережения и промышленного развития, принципы формирования гибридных энергетических систем и комплексов.

*Abstract:* Key factors of changes that determine the functioning of the energy complex in modern conditions. Mechanisms of conjugation of energy conservation and industrial development, principles of formation of hybrid energy systems and complexes are proposed.

*Ключевые слова:* энергетическое развитие, гибридные системы энергообеспечения.

*Keywords:* energy development, hybrid energy supply systems

2020 год – знаковый, «переломный» по многим аспектам в энергетическом комплексе страны. Год и два назад бесславно и невзрачно энергетики обошли стороной два 10-летних юбилея – «реформы энергосистемы» и законодательства об энергосбережении. По обоим «эпохальным» точкам в истории энергетики – результаты отрицательные. Впрочем, если считать целью «электрической реформы» передачу в частные руки гигантской энергетической инфраструктуры страны – то эта задача выполнена с блеском. Немного хуже с надежностью и эффективностью энергокомплекса в целом. По разным оценкам, треть новых энергоисточников построены не там, где требуется по энергобалансам, треть – не того оборудования, которое требует современная жизнь по энергетическим и экологическим параметрам. На наших глазах крепнет новая религиозная вера в распределенную энергетику, безоглядное поклонение любым нетрадиционным и возобновляемым энергоисточникам. IT-специалистам, выросшим в эпоху невиданного прогресса вычислительной техники и ее медиа-возможностей, немного сложно осознать, что законы Ома, Кирхгофа и постулаты термодинамики не тождественны закону Мура<sup>1</sup>. Уверены, что это положение вещей в значительной перспективе существенно не изменит ни «интернет вещей» с «искусственным интеллектом», ни отчаянная полу-религиозная вера в так называемый «интернет энергии».

Но ведь 2020-ый год – это еще и год 100-летия плана ГОЭЛРО, в короткие сроки создавшего новую энергетическую основу для прорыва и развития страны.

Быть может – лучше соотнести современную энергетическую политику с этой датой?

---

<sup>1</sup>«Если бы авиационная промышленность в последние 25 лет развивалась столь же стремительно, как промышленность средств вычислительной техники, то сейчас самолёт Boeing 767 стоил бы 500 долл. и совершал облёт земного шара за 20 минут, затрачивая при этом пять галлонов (~18,9 л) топлива. Приведенные цифры весьма точно отражают снижение стоимости, рост быстродействия и повышение экономичности ЭВМ». — Журнал «В мире науки» (1983, № 10)[3] (русское издание «Scientific American»)



Американский географ Элсуорт Хантингтон, не разделявший идеи коммунизма, но хорошо знакомый с условиями жизни в царской России, писал в начале 1940-х гг. в своей книге «Пружины цивилизации»: «Хорошо освещенные и отапливаемые заводы позволяют теперь миллионам рабочим трудиться зимой столь же эффективно, как и летом... Внедрение машин и образование позволили русским взять хороший старт в преодолении трудностей длинных, холодных зим и перенапряженной работы летом...». Географ поставил индустриализацию в СССР 1928-41 гг. в один ряд с такими событиями в истории человечества, как открытие огня нашими предками. Российский пример, по оценке Хантингтона, «является наиболее ярким среди современных событий этого рода».

Так что же произошло? Почему вдруг энергетика самой протяженной и холодной страны мира, полвека обеспечивающая восстановление и затем рост СССР, вдруг стала обузой и источником кризисных явлений... Какие перемены оказались критическими и почему? Их оказалось немало, причем не в одном направлении, а сразу в нескольких: внешние условия, масштабы и конфигурация энергосистем, новая техника и предпочтения потребителей. Далеко не все факторы перемен показаны на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Соотношение факторов перемен в энергетических системах и комплексах**

Изменилась внешняя среда, климатические параметры, меняется структура нагрузки, внутренние условия взаимодействия между игроками. Потребители стали более требовательными к параметрам поставляемой энергии, изменились условия расчетов и взаимодействия.

Такого вообще никогда не было, чтобы для крупнейшей и сложной технической системы так сильно поменялись и внешние, и внутренние условия, климат и экономика. В условиях растущей сложности и лавинообразных перемен не может быть простых односложных решений - системе нужны новые оптимумы, новая идеология и новые решения. Собственно, задачами разработки схем теплоснабжения городов и схем электроснабжения регионов и есть поиск таких решений. В условиях существенной трансформации инфраструктурных преимуществ единого ТЭК, которые послужили ключевым резервом послевоенного роста и восстановления экономики, необходимо найти новые механизмы, осуществление которых позволит осуществить стыковку промышленной и экологической политики, энерго- и ресурсосбережения.

В отрасли нет одного универсального решения, но их надо искать и отрабатывать в комплексе, в интеграции схемных проектов, энергосбережения, наилучших доступных технологий, уважения потребителей. Эффективность системы – это результат

взаимодействия всех ее участников. Нами предпринята попытка классификации различных механизмов сопряжения с активным участием процессов энерго- и ресурсосбережения, повышения энергетической эффективности. На рисунке 2 они расположены в пространстве трех координат – инфраструктур, экономики и экосистем.



**Рисунок 2 – Механизмы сопряжения мер по энергоресурсосбережению с промышленным и территориальным развитием**

В таком ракурсе сопряжения и взаимодействия порочна сама постановка вопроса – традиционная энергетика или ВИЭ? Централизованная система энергоснабжения или распределенная? Понятно, что именно симбиозы и комбинированные системы способны в изменившихся условиях гибко и эффективно реагировать и обеспечивать эффективное покрытие динамично меняющихся энергетических нагрузок разнородных потребителей.

Попробуем выделить общие принципы и приоритеты формирования таких систем:

1. Технически (и экономически) оптимальные системы централизации тепло-энергоснабжения и регулирования тепло-энергопотребления.
2. Пиково-аккумулирующие устройства на крупных потребителях пиковой мощности – топливные элементы, водородные накопители ночного провала.
3. Системы утилизации сбросного тепла и вторичных энергоресурсов (вентиляц. выбросы, стоки), промышленные и утилизационные ТЭЦ.
4. Применение источников комбинированной выработки с оборудованием, соответствующим структуре энергетических нагрузок (паро-, газо-турбинные, газопаровые, гибридные).
5. Тригенерационные энергоисточники (ТЭЦ) в южных мегаполисах, использование ТНУ для покрытия пиков тепло- и холодопотребления.
6. Местные, дополнительные, возобновляемые, нетрадиционные виды топлива, комбинированные и гибридные установки для согласованной работы в централизованных и децентрализованных системах.
7. Атомное теплоснабжение от разных энергоисточников (АЭС, АСТ, АТЭЦ, АСПТ), системы дальнего теплоснабжения (АСДТ).
8. Автоматизированные системы учета, мониторинга, регулирование, управление спросом, работа с потребителями.

Итак, что может дать нам в современных условиях стык энергетики, экологии, промышленного развития? Инфраструктурные, «тяжелые» механизмы сопряжения (таблица 1) основаны на согласованном энергосбережении на источниках, в сетях и у потребителей, что в комплексе приводит к высвобождению мощности энергоисточников. Это – ключевой резерв сбалансированного развития мегаполисов в условиях сложившейся застройки, нехватки электрических мощностей.

**Таблица 1. Инфраструктурные механизмы сопряжения роста энергоэффективности и развития городов**

Наименование	Существо механизма	Источник/механизм роста
Высвобождение электрической/тепловой мощности источников (и системы в целом)	Резервы для новых подключений потребителей	Ликвидация дефицита мощности источников и сетей в результате энергосбережения
Увязка схем тепло-, водо-, топливо-, электро-снабжения городов	Сбалансированность инфраструктур и режимов передачи энергоносителей	Экономия ресурсов и затрат на модернизацию сетей и систем в целом

Увязка схем тепло-, электро-, водо- и топливоснабжения городов позволяет устранить дублирующие затраты, скоординировать сооружение и модернизацию систем жизнеобеспечения. Экономические механизмы сопряжения увязывают энергоэффективность с ростом экономики на непосредственно на предприятиях и в удаленных поселениях (таблица 2), функционально несколько различаются. Развитие малоэнергоемких отраслей осуществляется либо на промышленных предприятиях с учетом его основного профиля, либо в рамках городских агломераций, с учетом местной специфики. Соответственно, имея возможность выбора создания нового производства при прочих равных условиях, мы имеем возможность выбора с точки зрения максимального экономического эффекта.

**Таблица 2. Экономические механизмы сопряжения энергоэффективности и развития территорий**

Наименование	Существо механизма	Источник/механизм роста
Развитие малоэнергоемких отраслей с высокой добавленной стоимостью	Использование ВЭР, ВИЭ для низкоэнергоемкого производства	Наличие низкопотенциальных ВЭР, ВИЭ разного типа
Энергообеспечение удаленных и труднодоступных поселений	Развитие экономики жизнедеятельности в труднодоступных точках	Наличие эффективной энергетической инфраструктуры

Несколько иная ситуация в удаленных и труднодоступных поселениях. Зачастую они обеспечиваются тепло- и электроэнергией по высоким ценам, что не позволяет осуществлять окупаемую экономическую деятельность по широкому перечню товаров и услуг. Соответственно, эффективное энергоснабжение таких поселений (в том числе на местных ресурсах) позволяет резко снизить тарифы на энергию, тем самым способствуя реализации разных видов экономической деятельности. Это частично связано и со следующим видом механизмов сопряжения – экосистемными (таблица 3).

**Таблица 3. Экосистемные механизмы сопряжения энергоэффективности и развития регионов**

Наименование	Существо механизма	Источник/механизм роста
Развитие экотуризма в труднодоступных точках	Привлечение туристов в труднодоступные места в регионах РФ	Наличие инфраструктуры доставки и комфортного размещения туристов
Отрасли валеологии и климатической адаптации	Снижение заболеваемости и повышение адаптации к климатическим рискам	Производство товаров и услуг диагностики и защиты от климата

Уровень зрелости энергетической политики, степень развития и применения различных «продвинутых» механизмов энергетического развития определяется целым комплексом факторов. Более всего здесь важна последовательность и поэтапность мер, наращивания кадрового потенциала, развития сбалансированной правовой базы и, в конечном счете, формирования новой институциональной среды энергоэффективного и сбалансированного роста.

Концепция устойчивого энергетического развития страны должна включать в себя разработку перспективной территориальной схемы размещения энергетической инфраструктуры, выработку широкого спектра стратегий энергообеспечения разных проектов территориального развития с учетом существенных территориальных различий, отработку взаимоувязанных схемных решений с тесным сопряжением с региональным социально-экономическим развитием. Солидарная или конкурентная энергетика – вопрос стоит вовсе не так. Конкуренция источников (и топлив) должна уступить место конкуренции проектов и схемных решений – только в этом случае мы найдем новые резервы столь необходимого для нашей страны роста и развития.

#### Список литературы

1. *Белобородов С. С.* Снижение эмиссии CO<sub>2</sub>: развитие когенерации или строительство ВИЭ? // Энергосовет. Янв. 2018. № 1 (51). URL: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=687](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=687)
2. *Гаши Е.Г.* Энергетическая и климатическая политика Москвы: поиск разумного симбиоза // Энергосбережение. 2018. №2. С.4-10.
3. *Семенов В.Г.* Записки о развитии энергетики. // Энергосовет. 2013. №3. С.3-8. URL: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=387](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=387)
4. *Гаши Е.Г., Пузаков В.С.* Схемы теплоснабжения городов и реальная жизнь // Новости теплоснабжения. 2020. №2. С.8-22.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИФИКАТОРА ЗА СЧЕТ  
МЕХАНОАКТИВАЦИИ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ  
АППАРАТЕ  
INCREASING THE EFFICIENCY OF THE PLASTIFICATOR DUE TO  
MECHANOACTIVATION IN THE ROTARY PULSATION  
APPARATUS**

**Удодов Сергей Алексеевич, Бондаренко Иван Владимирович  
Udodov Sergey Alekseevich, Bondarenko Ivan Vladimirovich**

*Российская Инженерная Академия, Россия, Москва  
Russian Engineering Academy, Russia, Moscow  
(e-mail:udodov-tec@mail.ru)*

*Аннотация:* Установлено положительное влияние механоактивации водного раствора добавки эфиров поликарбоксилатов в роторно-пульсационном аппарате на увеличение ее пластифицирующей способности. Эффект активации проявляется тем сильнее, чем ниже водосодержание цементной системы и выше дозировка добавки. Установлена закономерность прироста пластичности смеси от концентрации добавки с водной среде смеси.

*Abstract:* The positive effect of mechanoactivation of an aqueous solution of the addition of polycarboxylate esters in a rotary-pulsation apparatus on an increase in its plasticizing ability has been established. The activation effect is manifested the stronger, the lower the water content of the cement system and the higher the dosage of the additive. The regularity of the increase in the plasticity of the mixture from the concentration of the additive with the aqueous medium of the mixture has been established.

*Ключевые слова:* роторно-пульсационные аппараты, гидродинамическая кавитация, пластификатор, эфиры поликарбоксилатов.

*Keywords:* rotary-pulsating apparatus, hydrodynamic cavitation, plasticizer, polycarboxylate esters.

Широко применяемые в современной технологии производства бетонных и железобетонных конструкций эффективные суперпластификаторы (гиперпластификаторы) на основе эфиров поликарбоксилатов (ПКЭ) являются высокомолекулярными веществами с низкой энтропией [1]. Известно, что пластифицирующий эффект основан на стерическом действии, при котором молекулы ПКЭ основной, преимущественно, цепью адсорбируется на поверхности цементного зерна, а боковыми цепями создают экранирующий эффект, препятствуя сближению частиц вяжущего и снижая внутреннее трение между ними.

Сила стерического эффекта зависит от многих факторов (вида цемента, его минералогический состав, водоцементного отношения, концентрации добавки и т.д.), но в большей мере – от строения и свойств самой молекулы ПКЭ. Вместе с тем, даже для одного и того же типа молекулы ПКЭ пластифицирующая способность добавки может сильно зависеть от текущего термодинамического состояния вещества.

Ввиду низкого уровня энтропии молекула ПКЭ в спокойном состоянии стремится «свернуться», образовать глобулы с соседними молекулами. Очевидно, что такие «свернутые» молекулы не в полной мере проявят свой стерический эффект в цементно-водной системе.

На «сворачиваемость» молекул ПКЭ оказывает влияние как строение самой молекулы (её величина, длина и гибкость основной цепи), так и внешние условия в растворе (температура, концентрация ПКЭ в воде). Так, исследователями отмечалось, что при концентрации ПКЭ в виде более 20% удельная пластифицирующая способность снижается.

Наши исследования в области механоактивации водных растворов ПКЭ подтвердили увеличение пластифицирующей способности добавки ПКЭ. Механоактивация осуществлялась в роторно-пульсационном аппарате (далее, РПА) с горизонтально вращающимся диском (рисунок 1).



**Рис. 1. Роторно-пульсационный аппарат «Активатор GD»**

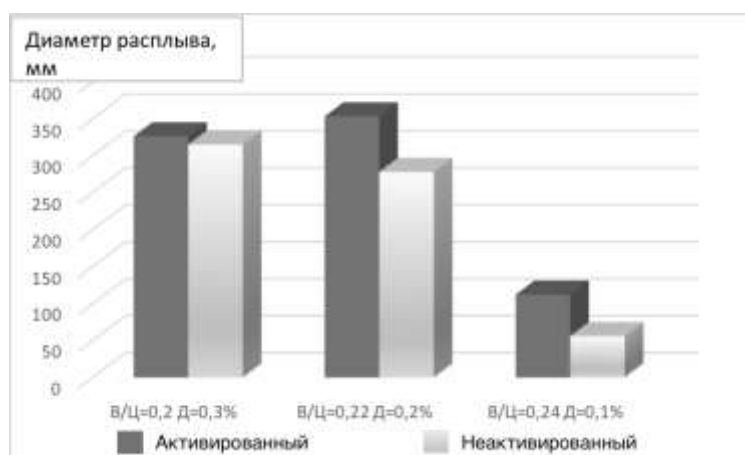
РПА устроен таким образом, что в центральную область вращающегося металлического диска сверху попадает водный раствор ПКЭ. По радиально расположенным каналам диска раствор центробежно отбрасывается за его пределы, проходя сквозь вертикально расположенные щели размером в свету 15x2 мм (65 щелей, расположенных по окружности). Диск вращается внутри статора, также содержащего 65 аналогичных щелевых отверстия. Зазор между статором и ротором (диском) составляет около 0,2 мм. При совпадении щелевых отверстий статора и ротора (65 совпадений за один оборот) раствор устремляется от центра к внутренним стенкам камеры, конфигурация которой такова, что раствор под действием инерции возвращается сверху в центральную часть диска.

Эффективность РПА многократно подтверждена на практике, они успешно используются в различных отраслях промышленности. Сочетание механических, гидродинамических и кавитационных воздействий в них позволяет направленно изменять свойства растворов, суспензий, эмульсий и др. [2-5].

В данной работе применялся следующий режим активации водного раствора ПКЭ: скорость вращения ротора –  $30 \text{ с}^{-1}$ , длительность активации – 480 с. Расчетная частота пульсации раствора – 1,95 кГц. Концентрация раствора ПКЭ в воде – 2% от массы твердого вещества. Тип ПКЭ: водоредуцирующий поликарбоксилат на основе непредельного сомономера (основная цепь – оксиэтиленовые фрагменты) и акриловой кислоты. Относительная молекулярная масса – 15000-20000. В ходе активации температура раствора возросла с 20 до 40-45°C, ввиду чего дальнейшее применение в цементной системе осуществлялось через 24 часа после стабилизации температуры на уровне 20°C.

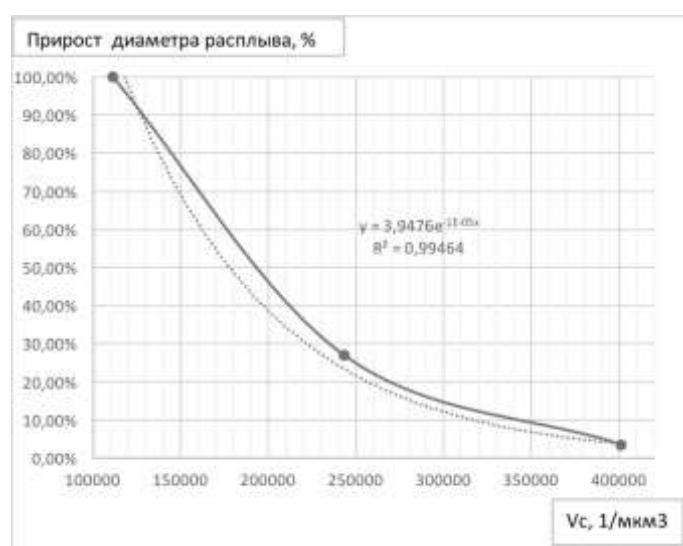
Эффективность пластификации по диаметру расплыва цементно-водного теста при свободном истечении из цилиндра Суттарда. Водоцементное отношение принима-

лось равным 0,2; 0,22; 0,24. Дозировка добавки ПКЭ по сухому веществу от массы цемента, соответственно, 0,3; 0,2 и 0,1%. Цемент СЕМ I/42,5 N новороссийского завода ОАО «Пролетарий». Влияние активации раствора добавки на пластичность цементно-водного теста приведено на рисунке 2.



**Рис. 2. Влияние активации добавки на пластичность теста при различных водосодержании и дозировке добавки**

Из рисунка следует, что при любых сочетаниях водосодержания смеси и дозировки добавки, активированный раствор ПКЭ обеспечивал более высокую пластичность (прирост составил от 3,5 до 100% для разных составов). Как следует из графика на рисунке 2, разница в силе пластификации между неактивированной (НД) и активированной (АД) добавками тем выше, чем ниже пластичность контрольной смеси (с НД). Очевидно, что на исходную пластичность теста с НД оказывают влияние как водосодержание теста, так и фактическое количество в нем пластификатора. Если эти два фактора объединить в один, выразив в виде концентрации молекул ПКЭ в водной среде, то, принимая среднюю относительную молекулярную массу молекул равной 17500, расчетным путем получаем, что в условиях эксперимента концентрация молекул ПКЭ меняется в пределах от 111482 до 401333 ед/мкм<sup>3</sup> водной фазы. Примечательно, что эффективность и обоснованность применения активации раствора ПКЭ тем выше, чем ниже концентрация ПКЭ в водной фазе цементно-водного теста (рисунок 3).



**Рис. 3. Влияние концентрации ПКЭ в водной среде (Vc) на прирост пластичности, определенной по диаметру расплыва теста**

1. Механоактивация водных растворов ПКЭ в роторно-пульсационном аппарате описанной конструкции за счет интенсивного механического, гидродинамического и кавитационного воздействия увеличивает пластифицирующую способность добавки, определенную по измерению диаметра расплыва цементно-водного теста.

2. Эффективность активации водного раствора ПКЭ проявляется тем сильнее, чем ниже концентрации ПКЭ в водной среде цементного теста.

#### Список литературы

1. Вернигорова В.Н. Материаловедение полимеров и композиционных материалов на их основе: моногр. / В.Н. Вернигорова, С.М. Саденко. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 420 с.

2. Гусев Б.В. Перспективные технологии при производстве сборного железобетона: Монография. Издание 2-е, дополненное. Ижевск: Издательский дом «КИТ», 2015. – 206 с.

3. Gogate, R.P. Application of Cavitation Reactors for Cell Disruption for Recovery of Intracellular Enzymes / R.P. Gogate, B.A. Pandit // Chem. Technol. Biotechnol. – 2008. – Vol. 83. – P. 1083–1093.

4. Kumar, S.K. Conceptual Design of a Novel Hydrodynamic Cavitation Reactor / S.K. Kumar, V.S. Moholkar // Chemical Engineering Science. – 2007. – Vol. 62. – P. 2698–2711.

5. Промтов, М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М.А. Промтов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2008. – Т. 14, No 4. – С. 861–869.

УДК 621.74.02; 669.71

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЧУШЕК ПЕРВИЧНЫХ СИЛУМИНОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СТРОНЦИЕМ PRODUCTION OF PRIMARY SILUMINS INGOTS MODIFIED WITH STRONTIUM

Кузьмин Михаил Петрович\* \*\*, Кузьмина Марина Юрьевна\*  
Kuzmin Mikhail Petrovich\*, \*\*, Kuzmina Marina Yuryevna\*

\* Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия,  
Иркутск

\* Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

\*\* Байкальский государственный университет, Россия, Иркутск

\*\* Baikal State University, Irkutsk, Russia

*Аннотация:* Исследован ряд закономерностей производства чушек первичных литейных сплавов AlSi7Mg; AlSi7MgSr; AlSi11Mg; AlSi11MgSr. Рассмотрены особенности плавки и литья данных сплавов, а также влияние кремния и стронция на образование усадочных дефектов. Показано, что стронций, как модификатор, не только изменяет морфологию кремния, но и изменяет характер затвердевания и усадки сплава. Особое внимание уделено дефектам, образующимся на чушках из близкого к эвтектике сплава AlSi11MgSr.

*Abstract:* The article examines a number of regularities in the production of primary cast ingots of AlSi7Mg, AlSi7MgSr, AlSi11Mg, and AlSi11MgSr. Peculiarities of melting



and cast of these alloys, as well as the effect silicon and strontium have on the formation of the shrinkage cavities, have been explored. It has been demonstrated that strontium, when used as a modifier, changes not only the morphology of silicon, but also the nature of solidification and shrinkage of the alloy. Defects formed in the ingots manufactured from near – eutectic AlSi11MgSr alloy have been studied in greater detail.

*Ключевые слова:* алюминиевый сплав, стронций, плавка, чушки, модифицирование, силумин, макро- и микроструктура, легирование, примесь, механические свойства, пористость, усадочные дефекты.

*Keywords:* aluminum alloy, strontium, smelting, ingots, modifying, silumin, macro and microstructure, doping, admixture, mechanical properties, porosity, shrinkage defects.

Номенклатура первичных литейных алюминиевых сплавов в чушках, выпускаемых на предприятиях алюминиевой промышленности России преимущественно на экспорт, существенно отличается от номенклатуры сплавов, используемых для производства отливок на отечественных машиностроительных заводах. Основную долю составляют чушковые сплавы системы Al–Si (силумины) для автомобильной промышленности, и, в основном, для дисков автомобильных колёс [1–10].

Силумины представляют собой группу алюминиевых сплавов, основным легирующим элементом которых является кремний. Востребованность силуминов обеспечивается уникальным сочетанием их основных свойств: низкая плотность, высокая жидкотекучесть, относительно низкая усадка, низкая склонность к образованию напряжений и трещин, высокие значения прочностных свойств, износостойкости и жаропрочности [1, 2].

Производятся следующие типы сплавов: AlSi7Mg (или A356.2 по ASTM), AlSi7MgSr (или A356.2 Sr) – наиболее распространённый сплав, а также AlSi11Mg и AlSi11MgSr. Типичные, достаточно жёсткие требования к содержанию легирующих и примесей в сплаве AlSi7MgSr, указаны в таблице 1 [3].

**Таблица 1. Содержание легирующих и примесей в сплаве AlSi7MgSr (% , масс.)**

Элемент	Fe	Si	Mg	Ti	Sr	Cu	Zn	Mn	Ni	Sn
<i>Min</i>	–	6.6	0.25	0.08	0.020	–	–	–	–	–
<i>Max</i>	0.10	7.4	0.30	0.12	0.030	0.01	0.03	0.03	0.012	0.01
Элемент	Sb	Pb	B	Li	Na	Ca	P	Прочие		
<i>Min</i>	–	–	–	–	–	–	–	каждый	<i>всего</i>	
<i>Max</i>	0.001	0.01	0.003	0.0003	0.0010	0.0010	0.0010	0.02	0.10	

Чушковые сплавы, модифицированные натрием, не производятся из-за небольшого времени сохранения модифицирующего эффекта натрия [1, 3]. Даже при литье чушек одной плавки (2–4 часа) эффект модифицирования не сохранится. Насколько нам известно, зарубежные потребители сплавов при фасонном литье уже давно не применяют модифицирование натрием, и он выступает как вредная примесь. Об этом же говорит (см. табл. 1) типичное ограничение содержания натрия в сплавах, как со стронцием, так и без стронция (не более 0,0010% масс.). Те потребители, которые покупают сплав без стронция, предпочитают модифицировать его самостоятельно перед литьём.

Учитывая накопленный опыт, полезно рассмотреть некоторые аспекты производства первичных силуминов в чушках, в т.ч. с учётом расширения использования стронция в качестве модификатора при фасонном литье.

В России и в мире серийно выпускаются чушковые стронциевые лигатуры AlSr10 и AlSr20. В лигатуре AlSr20 килограмм стронция имеет немного более низкую цену, но лигатура AlSr10 имеет несколько более высокий коэффициент усвоения, поэтому для присадки стронция применяются обе лигатуры [6–9]. Потери стронция не превышают 10 % так же, как в работе [2]. Из-за высокой склонности к угару стронций вводится в печь в последнюю очередь, при готовности сплава по другим легирующим и примесям и после снятия шлака.

С высоким угаром стронция связаны и особенности флюсового рафинирования сплава AlSi7MgSr, которое производится, в частности, для снижения содержания натрия. Рафинирование флюсами после присадки стронция должно быть исключено, поскольку оно приводит к интенсивному угару и зашихтовке по содержанию Sr. Рафинирование необходимо производить как можно раньше, при заливке в миксер алюминия, т.е. за 2–2,5 часа до присадки стронциевой лигатуры, но даже в этом случае угар стронция может увеличиться на 5–10 %. Абсолютная величина угара стронция по ходу литья обычно укладывается в 0,005 %, что вполне допустимо при интервале содержания стронция 0,01 %. Однако во многих случаях (например, то же флюсовое рафинирование или длительная разливка из печей большой ёмкости) желательно иметь дополнительный источник стронция для компенсации угара по ходу литья – прутковый модификатор AlSr10 для отдачи на жёлобе.

При литье чушек на конвейере имеются свои особенности. В частности, в ОАО “ИркАЗ-СУАЛ” компании “РУСАЛ” производятся чушки сплавов трёх типоразмеров 6, 10 и 15 кг. Чушки 6 и 15 кг отливают на стандартных отечественных литейных конвейерах, а 10 кг – на автоматической линии испанской фирмы “Befesa”. Сплавы всех перечисленных в первом абзаце типов производятся только на линии “Befesa”, поэтому дальнейший анализ будет посвящён в основном этим 10 кг чушкам. Были собраны данные о макро- и микроструктуре чушек, пористости и содержании водорода в зависимости от типа сплава (таблица 2).

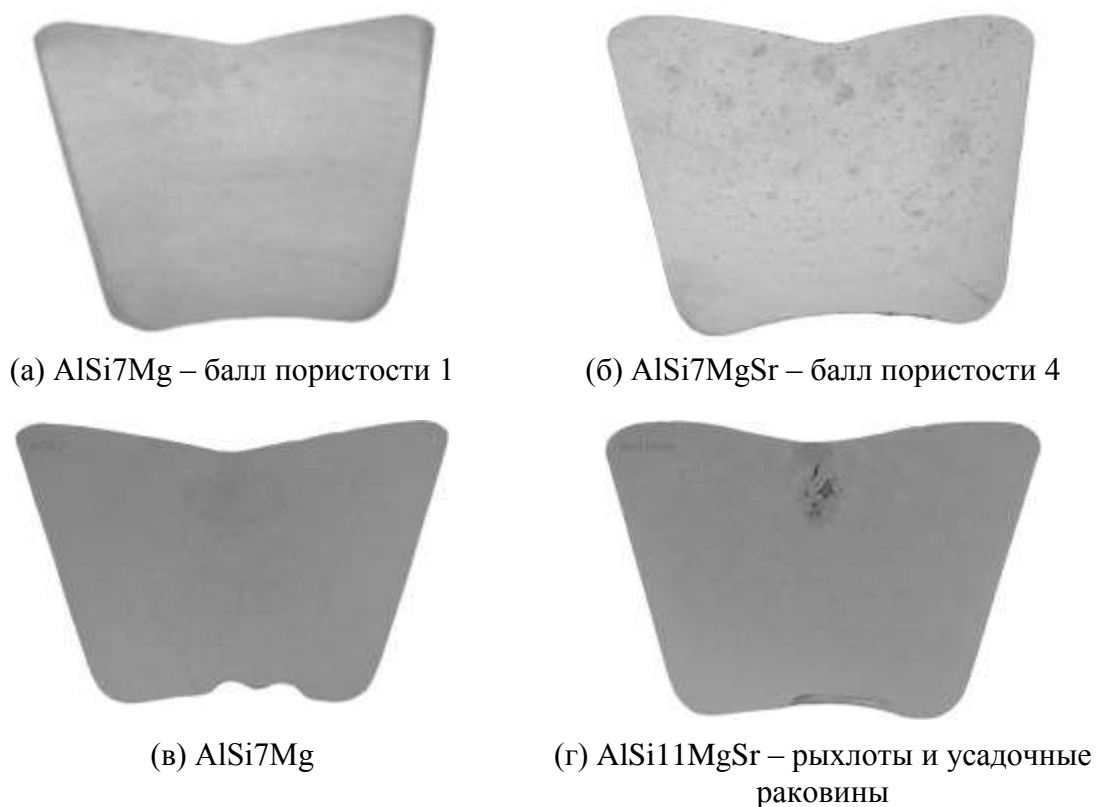
**Таблица 2. Данные о макро- и микроструктуре чушек, пористости и содержании водорода в зависимости от типа сплава**

Тип сплава	Средний балл пористости	Содержание водорода, см <sup>3</sup> /100 г	Размер зерна, мм	Доля чушек с рыхлотами, %
AlSi7Mg	1,59	0,175	1,35-1,38	20
AlSi7MgSr	2,45	0,194	2,1-2,6	36
AlSi11Mg	1,0	0,12	Нет данных	Нет данных
AlSi11MgSr	1,33	0,171	Нет данных	6

Как видно, пористость и содержание водорода по типам сплава увеличиваются в последовательности: AlSi11Mg → (AlSi11MgSr; AlSi7Mg) → AlSi7MgSr. В некоторых случаях имеется ещё более чёткая зависимость “марка сплава – пористость”:

- AlSi7Mg – 1 балл пористости;
- AlSi7MgSr – 3–4 балл пористости;
- AlSi11Mg – 1 балл пористости.

Разница в пористости сплавов AlSi7Mg и AlSi7MgSr чётко видна на рис. 1. а и рис. 1. б.



**Рис. 1. Темплеты чушек сплавов: а) AlSi7Mg и б) AlSi7MgSr; в) AlSi7Mg и г) AlSi11MgSr; а) и б) – нетравлёные; в) и г) – травлёные**

Следует отметить более низкое содержание водорода в близких к эвтектике 11% силуминах по сравнению с доэвтектическими 7% силуминами, независимо от наличия стронция. Данный факт можно объяснить особенностями затвердевания эвтектического сплава: большим временем затвердевания и меньшим количеством (или отсутствием) первичных дендритов  $\alpha_{Al}$ -твёрдого раствора, препятствующих всплытию пузырьков водорода.

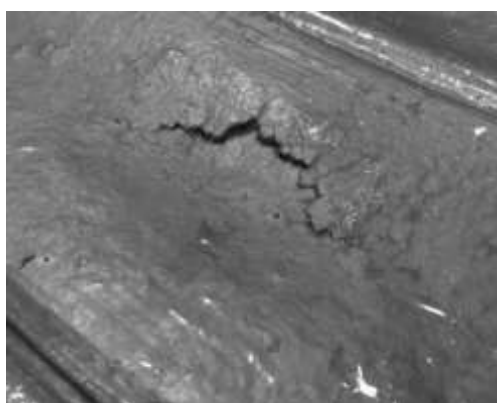
Стронций, как легирующий элемент, повышает газонасыщенность сплава. Как представляется, это происходит по двум механизмам: 1) сами стронциевые лигатуры содержат большое количество водорода, как химически связанного в гидридах, так и свободного – в газовых порах и литейных дефектах; 2) расплав, содержащий стронций, становится склонным к дополнительному поглощению водорода также за счёт гидридообразования, и, возможно, за счёт образования более рыхлой поверхностной оксидной пленки. Расплав становится более склонным к окислению (хотя на этот счёт имеются противоречивые данные [9, 10]).

Стронций увеличивает температурный коэффициент объёмного расширения и объёмную усадку при кристаллизации [1,2,4]. Сплав AlSi11MgSr становится более склонным к образованию концентрированных усадочных раковин и скоплению мелких раковин в наиболее тёплой части чушки (рис. 1. г).

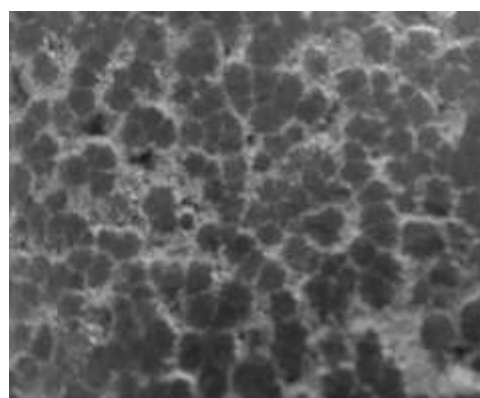
Излом сплавов со Sr становится более грубым, камневидным по сравнению с мелкозернистым изломом сплавов без Sr.

Стронций, как модификатор, не только изменяет морфологию кремния, но и резко изменяет характер затвердевания и усадки сплава, причём не в лучшую сторону. Например, в эвтектических и близких к эвтектике сплавах (в нашем случае это сплав AlSi11MgSr) при небольших скоростях затвердевания наличие стронция приводит к

разнообразным усадочным дефектам [5, 6] – как к крупным: внутренним усадочным раковинам, трещинам на литниковой поверхности чушки, так и к мелким поверхностным дефектам: сферолидам и усадочным раковинам между ними. Зачастую, при образовании подкорковой усадочной раковины на поверхности чушки образуется трещина со смещением вниз корки металла, расположенной над раковиной (рис. 2, а). При этом эвтектические ячейки (зёрна) на поверхности чушки становятся чётко оконтуренными и разделёнными микротрещинами – похожи на “чешую”. В других случаях эти изолированные эвтектические ячейки приобретают вид классических сферолитов – “болотных кочек” (рис. 2, б). Между ними также расположены мелкие раковины. Известно [1], что сферолиты могут образовываться и в “тёплых” местах отливок при литье в песчаные формы.



а) горячая трещина

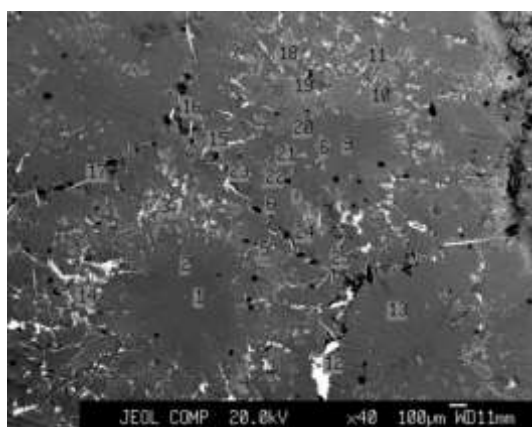


б) сферолиты

**Рис. 2. Усадочная горячая трещина – а) и сферолиты б) на литниковой поверхности чушки сплава AlSi11MgSr**

На шлифах (рис. 4) хорошо видна лучевая сферическая структура этих образований. Полуколичественное микрорентгеноспектральное исследование сферолитов показывает, что их внутренние слои имеют среднее содержание стронция, кремния, титана, марганца, но обеднены магнием и железом.

Границы сферолитов обогащены алюминием, кремнием, магнием и железом. Зоны локальной усадки между сферолитами обогащены Ca, Na, Mg и немного Sr. Возможно, эти элементы наряду со стронцием играют определённую роль в образовании сферолитов. В литературе [1] отмечается влияние кальция, натрия (и бария) на образование сферолитов.



**Рис. 3. Микрошлиф – сферолиты и граница между ними на сплаве AlSi11MgSr**

**Заключение.** Дефекты в виде трещин и сферолитов на поверхности чушек литейных сплавов являются недопустимыми, поэтому была разработана технология, исключающая их образование. Эта технология включает в себя раннее охлаждение литниковой поверхности чушки и её ускоренное затвердевание. При этом усадочные раковины становятся закрытыми, а поверхность чушки – гладкой, плотной, бездефектной.

#### Список литературы

1. Кузьмин П.Б., Кузьмина М.Ю. О производстве чушек первичных силуминов, модифицированных стронцием // Литейное производство. 2014. 8, 2-5.
2. Kuz'min M.P., Larionov L.M., Paul K. Chu, Abdul M. Qasim, Kuz'mina M.Yu., Kondratiev V.V., Kuz'mina A.S., Jia Q. New methods of obtaining Al–Si alloys using amorphous microsilica // International Journal of Metalcasting. 14. 2020. 207–217.
3. Zhi-kai Zheng, Yong-jian Ji, Wei-min Mao, Rui YUE, Zhi-yong Liu Influence of rheo-diecasting processing parameters on microstructure and mechanical properties of hypereutectic Al–30%Si alloy // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 27. 2017. 1264–1272.
4. Steent A.H., Hellawell A. Structure and properties of aluminum-silicon eutectic alloys [J]. Acta Metallurgica // 1972 20. 363–370.
5. Kuz'min M.P., Kondrat'ev V.V., Larionov L.M., Kuz'mina M.Y., Ivanchik N.N. Possibility of preparing alloys of the Al–Si system using amorphous microsilica // Metallurgist. 61. 2017. 86–91.
6. Bo Jiang, Zesheng Ji, Maoliang Hu, Hongyu Xu, Song Xu A novel modifier on eutectic Si and mechanical properties of Al-Si alloy // Materials Letters. 239. 2019. 13–16.
7. J.H. Jeon, J.H. Shin, D.H. Bae Si phase modification on the elevated temperature mechanical properties of Al-Si hypereutectic alloys // Materials Science & Engineering A. 748. 2019. 367–370.
8. X. Liu, Y. Zhang, B. Beausir, F. Liu, C. Esling, F. Yu, X. Zhao, L. Zuo Twin-controlled growth of eutectic Si in unmodified and Sr-modified Al–12.7 % Si alloys investigated by SEM/EBSD // Acta Materialia. 97. 2015. 338–347.
9. K.M. Sree Manu, K. Sreeraj, T.P.D. Rajan, R.M. Shereema, B.C. Pai, B. Arun Structure and properties of modified compocast microsilica reinforced aluminum matrix composite // Materials & Design. 88. 2015. 294–301.
10. Y.H. Cho, H.C. Lee, K.H. Oh, A.K. Dahle Effect of strontium and phosphorus on eutectic Al-Si nucleation and formation of  $\beta$ -Al<sub>5</sub>FeSi in hypoeutectic Al-Si foundry alloys // Metallurgical and Materials Transactions A. 39. 10. 2008. 2435–2448.

**ЭКОНОМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ,  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ  
РОТОРНО-ВИНТОВЫХ СИСТЕМ В ЦЕМЕНТНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
**ECONOMIC AND ECOLOGICAL, RESOURCE-SAVING, TECHNICAL  
AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE INTRODUCTION OF  
ROTARY-SCREW SYSTEMS IN THE CEMENT INDUSTRY**

**Секисов Александр Николаевич  
Sekisov Aleksandr Nikolaevich**

*Кубанское отделение Российской инженерной академии, Россия, Краснодар  
Кубанский государственный технологический университет, Россия, Краснодар  
Kuban Branch of the Russian Engineering Academy, Russia, Krasnodar,  
Kuban State Technological University, Russia, Krasnodar  
(e-mail: alnikkss@gmail.com)*

*Аннотация:* Рассмотрены ключевые экономико-экологические, ресурсосберегающие, технические и технологические аспекты внедрения роторно-винтовых систем в цементной промышленности, обеспечивающие преимущества их использования по сравнению с другими видами систем, в основу функционирования которых заложены иные технологические принципы.

*Abstract:* The key economic and environmental, resource-saving, technical and technological aspects of the implementation of rotary-screw systems in the cement industry, which provide the advantages of their use in comparison with other types of systems, which are based on other technological principles, are considered.

*Ключевые слова:* ресурсосбережение, технология, энергоэффективность, винтовые корпуса, вращающаяся печь.

*Keywords:* resource saving, technology, energy efficiency, screw bodies, rotary kiln.

В современных условиях при значительных масштабах загрязнения окружающей среды, при регулярно растущих тарифах на топливно-энергетические ресурсы и транспортные перевозки, росте цен на материальные ресурсы, высокой стоимости привлечения капитала назрела необходимость перехода предприятий цементной промышленности на более эффективные современные технологии. Расчет затрат на производство цемента по сухому и мокрому способу производства с учетом стоимости привлеченного для реализации новых проектов заемного капитала обосновывает необходимость перехода цементной промышленности на современные технологии, одной из которых может стать применение роторно-винтовых систем. Следует отметить, что, несмотря на высокие капиталовложения, связанные со строительством новых производственных мощностей, необходимость нового строительства обуславливается рядом экономико-экологических и ресурсосберегающих преимуществ [1, 2, 3]. При этом основными аспектами применения роторно-винтовых систем при производстве цемента, выявленными нами в процессе исследования, являются следующие аспекты [10, 11].

1. Энергоэффективность, т. е. снижение расходов на топливно-энергетические ресурсы и непосредственно при производстве цемента. Это один из важнейших показателей работы предприятий цементной промышленности. Речь идёт, прежде всего, об

удельном расходе энергоресурсов на производство клинкера и собственно цемента. В составе себестоимости цемента в настоящий момент в зависимости от способа его производства и технической оснащенности доля затрат на топливо и электроэнергию составляет 28-45%. Применение же роторно-винтовых систем при сухом способе производства цемента приведет к снижению расходов на топливно-энергетические ресурсы в среднем на 30-40% по сравнению с используемыми в настоящий момент технологиями.

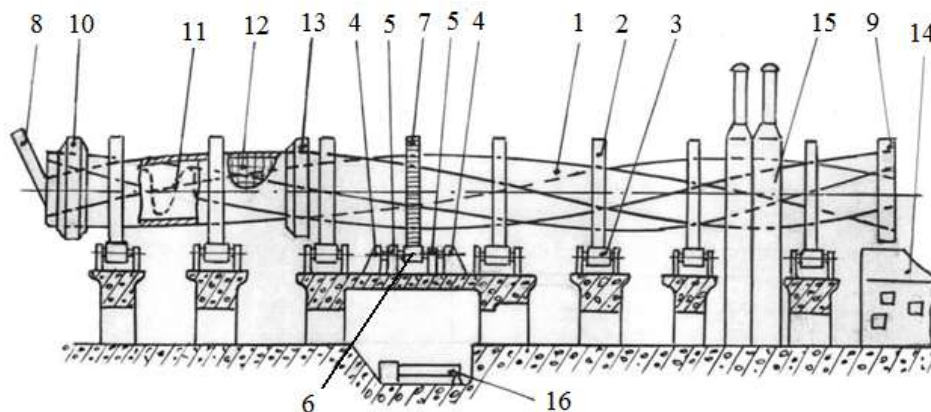
2. Повышение производительности труда (снижение расходов на оплату труда) за счет автоматизации производственных процессов, что позволяет работать с меньшей численностью производственного персонала по сравнению с устаревшими производствами с низким уровнем автоматизации. Соответственно снижаются общие расходы на оплату труда персонала, и повышается показатель выработки продукции на одного работающего.

3. Построение системы оптимизация контроля технологического процесса, направленной на повышение экологической безопасности применения роторно-винтовых систем. Внедрение такой системы потребуются существенных инвестиции для автоматизации процесса обжига, основанной на контроле выбросов вредных веществ с применением компьютерных технологий, а также требуются дополнительные инвестиции для установки на заводе измерительной и дозирующей техники.

4. Внедрения систем экологического менеджмента (СЭМ). Затраты на внедрение СЭМ зависят от многих факторов, в том числе, от наличия работоспособной системы менеджмента качества, от уровня подготовки персонала, от размера предприятия (количества сотрудников), от решения руководства о привлечении консультационных компаний или от внедрении системы экологического менеджмента собственными силами. По некоторым оценкам, для крупных организаций затраты на полномасштабное внедрение СЭМ в России могут достигать 1-1,5 млн руб. (не включая трудозатраты персонала). При этом следует подчеркнуть, что разработка и применение основных методов СЭМ, как правило, не требуют привлечения сторонних консультантов, но позволяют получить многие преимущества в сфере управления приоритетными экологическими аспектами.

Следует отметить, что в настоящий момент в цементной промышленности России продолжают находиться в эксплуатации морально и физически устаревшие технологические линии мокрого способа производства. Десять линий сухого способа производства и две линии комбинированного способа производства так же являются морально и физически устаревшими, требующими модернизации или вывода из эксплуатации. Говоря об основных технологических процессах цементного производства и их эффективности следует отметить, что в наибольшее распространение для производства клинкера получили печи  $5 \times 185$  м с колосниковым холодильником «Волга 75» производительностью 1800 т/сут при среднегодовом удельном расходе условного топлива  $\sim 201$  кг/т клинкера. Вращающаяся печь представляет собой стальной барабан, который опирается через бандажи на роlikоопоры и вращается с частотой 1-1,5 об/мин. Печь для обеспечения продвижения материала к разгрузочному концу имеет небольшой уклон (3,5-4,0%). Печь работает по принципу противотока. Шлам через шламовую трубу подается в холодную часть печи. Навстречу материалу с выгрузочного конца печи движутся горячие топочные и выделяющиеся из материала газы. Материал, продвигаясь по печи, нагревается до температуры спекания клинкера  $\sim 1450^\circ\text{C}$ , а газовый поток, движущийся к холодному концу, снижает свою температуру от  $\sim 1800^\circ\text{C}$  в факеле до  $\sim 200^\circ\text{C}$  на выходе печи. Такое оборудование характеризуется значительными энергозатратами из-за больших габаритов, потерями в процессе теплообмена, ограничениями технологических возможностей, сложностью эксплуатации и большой массой.

Устранением этих недостатков может служить разработка и внедрение технологий и оборудования, у которого в качестве рабочих органов будут использоваться оригинальные конструкции роторно-винтовых корпусов с горизонтальным расположением оси вращения, что позволит снизить энергозатраты, улучшить технико-экономические показатели, упростить обслуживание и повысить производительность [7, 8, 9]. Далее приведена схема вращающейся печи для приготовления цементного клинкера с винтовым корпусом (рис. 1).

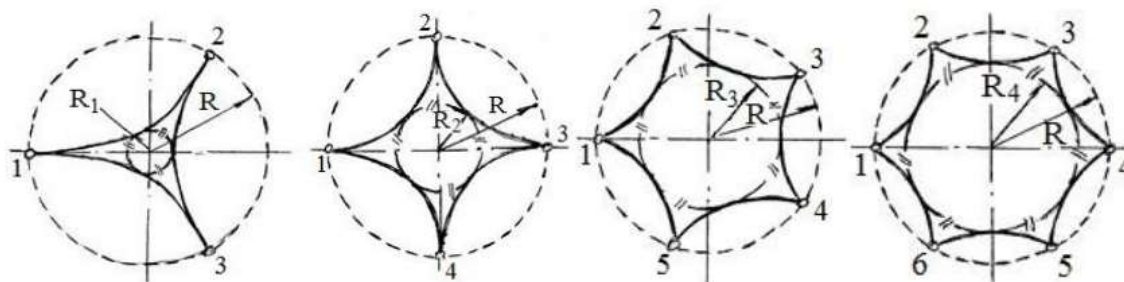


**Рис. 1. Схема вращающейся печи для приготовления цементного клинкера с винтовым корпусом**

Обозначения на рис. 1: 1 – винтовой корпус; 2 – бандаж; 3 – опорные ролики; 4 – электродвигатели; 5 – два редуктора; 6 – две подвенцовые шестерни; 7 – венцовое колесо; 8 – питательная труба, 9 – головка для подачи топлива и воздуха; 10 – подогрев; 11 – завеса; 12 – обменник тепла; 13 – перезагрузатель; 14 – холодильник; 15 – водяное охлаждение; 16 – агрегат для смазки.

Предлагаемая нами конструкция обладает большой научно-практической значимостью, что подтверждается полученными патентами [5, 6]. Следует отметить, что в свою очередь разработка технологии изготовления винтовых корпусов и оптимизации их конструктивных параметров является так же актуальной и своевременной задачей, поскольку позволяет наметить и реализовать инновационный путь развития производства цемента [4, 10, 11].

Далее представлены разработанные нами поперечные сечения винтового корпуса вращающейся печи с различным количеством винтовых ребер (линий) по периметру корпуса при одних и тех же радиусах кривизны винтовых поверхностей (рис. 2) с тремя, с четырьмя, с пятью и с шестью винтовыми ребрами.



**Рис. 2. Поперечные сечения винтового корпуса вращающейся печи с различным количеством винтовых ребер (линий) по периметру корпуса при одних и тех же радиусах кривизны винтовых поверхностей**



Согласно результатам исследований для оптимизации конструктивных параметров количество криволинейных поверхностей корпуса печи должно быть больше  $n > 6$ , а ширина винтовой поверхности больше 400 мм.

Для внедрения результатов исследований нами предлагаются технологии сборки винтовых корпусов (рис. 3).

В результате проведенных исследований нами не только разработана технология сборки винтовых корпусов для единичного и серийного производства, но и выполнены работы по оптимизации их конструктивных параметров: количество криволинейных поверхностей винтового корпуса вращающейся печи, как уже отмечалось, должно быть больше  $n > 6$ , а ширина винтовой поверхности больше 400 мм.

При этом следует отметить, что к особенностям предлагаемых конструкций винтового корпуса можно отнести:

- по внутреннему периметру винтовых корпусов образованы ломаные или плавные винтовые поверхности по всей их длине, что обеспечивает нарушение стационарности потоков частиц сырьевой цементной массы, повышение производительности и расширение технологических возможностей.

- конструктивное оформление винтовых корпусов позволяет обеспечить последовательное разрежение потоков частиц сырьевой цементной массы при переходе из одной секции в следующую по мере продвижения от холодного конца печи к горячему, повысить производительность и расширить технологические возможности.



**Рис. 3. Технологии сборки винтовых корпусов**

В заключение статьи следует отметить, что представленные результаты исследований технологических и теоретических основ повышения эксплуатационных характеристик оборудования для производства цемента позволяют сделать вывод о явных преимуществах использования роторно-винтовых систем при производстве цемента, а именно, прежде всего повышенная производительность и существенное снижение энергозатрат. Кроме того, применение таких систем в рамках современной системы оптимизации контроля технологического процесса, направленной на повышение экологической безопасности применения роторно-винтовых систем, а так же действенной системы экологического менеджмента (СЭМ), как показали проведённые нами исследования, позволит существенно повысить экологическую эффективность грязных производств по следующим позициям: снижение выбросов пыли, снижение выбросов оксидов азота  $\text{NO}_x$  снижение выбросов диоксида серы  $\text{SO}_2$ , снижение выбросов  $\text{CO}$ .

### Список литературы

1. Ivanov L.A., Prokopiev P.S. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part III. Nano-tehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no.3, pp. 292–303. doi 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303.
2. Ivanov L.A., Prokopiev P.S. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part IV. Nano-tehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 447–457. doi 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457.
3. Popov R., Sekisov A., Gura D., Ivanov L., Shipilova N. Genesis of organizational and technological planning in Russian building practice. Turismo: Estudos & Práticas (UERN), Mossoró/RN, Caderno Suplementar 04, 2020, Brazil. <http://natal.uern.br/periodicos/index.php/RTEP/article/view/2370/2145>.
4. Sekisov A., Serga G. Rotary-screw systems for rotary kilns. E3S Web of Conferences 2019. С. 02034. doi 10.1051/e3sconf/20199102034.
5. Патент 2692141 Российская Федерация, МПК F27В 7/14. Печь для обжига цемента / А. Н. Секисов, Г. В. Серга; Кубанский государственный технологический университет. – №2018144137, заявл. 12.12.2018, опубл. 21.06.2019, Бюл. № 18.
6. Патент 2694181 Российская Федерация, МПК F27В 7/16. Вращающаяся печь для приготовления цементного клинкера / А. Н. Секисов, Г. В. Серга; Кубанский государственный технологический университет. – № 2018144138, заявл. 12.12.2018, опубл. 09.07.2019, Бюл. № 19.
7. Секисов А. Н., Серга Г. В. Разработка установок с комбинированными рабочими органами. Монография. Краснодар: КубГАУ, 2019. 117 с.
8. Секисов А. Н., Серга Г. В. Роторно-винтовые системы для обжиговых качающихся печей и оборудования для охлаждения строительных материалов. Монография. Краснодар: КубГАУ, 2019. 119 с.
9. Секисов А. Н., Таратута В. Д., Серга Г. В. Технологические и теоретические основы повышения эксплуатационных характеристик оборудования для производства цемента. Монография. Краснодар: КубГАУ, 2019. 119 с.
10. Секисов А. Н., Серга Г. В. Оборудование для отделочно-зачистной обработки на базе винтовых роторов. Вестник Брянского государственного технического университета. 2020. № 5 (90). С. 12-22. doi 10.30987/1999-8775-2020-5-12-22.
11. Серга Г. В., Секисов А. Н., Губиева С. Ю. Разработка классификации винтовых сит. Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. № 11 (84). С. 27-37/ doi 10.30987/1999-8775-2019-2019-11-27-37.

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ANALYTICAL MODELING OF THREAD TENSION ON CYLINDRICAL SURFACES

**Богачева Светлана Юрьевна**  
**Bogacheva Svetlana Yuryevna**

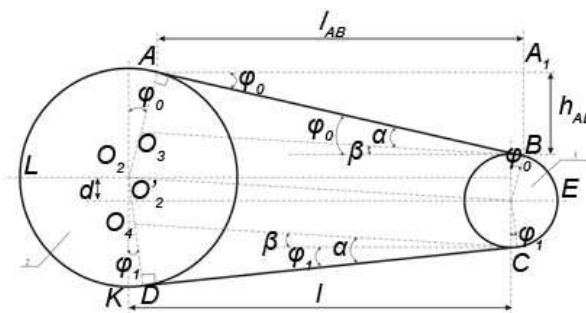
*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
(e-mail: bogacheva-su@rguk.ru)

*Аннотация:* Рассмотрены вопросы определения натяжения гибких тяжелых нитей с использованием аналитических уравнений. Приведен пример расчета натяжения нити на поверхностях шкивов. Получены аналитические зависимости для натяжения нити на различных ее участках и определено натяжение нити в характерных точках.

*Abstract:* The problems of determining the tension of flexible heavy threads using numerical methods are considered. An example of calculating the thread tension on the pulley surfaces is given. Analytical dependences are obtained for the thread tension in its various sections and the thread tension at characteristic points is determined.

*Ключевые слова:* гибкая однородная нить, натяжение, уравнение равновесия, равновесие нити с малой стрелой провисания, равновесие на шероховатой поверхности.

*Ключевые слова:* flexible uniform thread, tension, equilibrium equation, balance of a thread with a small slack line, balance on a rough surface. Механикой нити занимались многие ученые, в большинстве своем работы посвящены вопросам статики и динамики либо свободной нити, либо взаимодействующей с какой-либо поверхностью. В текстильной технике и технологии широко применяются механизмы, в которых нить огибает гладкие или шероховатые поверхности. В данной работе рассмотрен вопрос изменения натяжения гибкой однородной нерастяжимой тяжелой нити, находящейся на цилиндрических поверхностях, моделирующих некоторые рабочие органы текстильных машин (рис. 1).



**Рис. 1. Геометрия гибкой нити на цилиндрических поверхностях рабочих органов**

Однородная нерастяжимая замкнутая нить огибает шкивы радиусами  $R$ ,  $r$ , м. Коэффициент трения на поверхности шкива  $l$  равен  $k$ , поверхность второго шкива гладкая. Длина пролета  $l$ , м, превышение между опорами  $h$ , м. Вес нити считали равномерно распределенным по длине пролета,  $q$ , Н/м. На первом этапе рассмотрена геометрия расположения нити, выражены углы охвата, точки схода нити со шкивов, длина нити была разделена на четыре участка: свободные пролеты  $AB$  и  $CD$ ; участок  $AKD$  на шеро-

ховатой поверхности шкива 2 и участок  $BEC$  на гладкой поверхности шкива 1. Затем рассмотрено равновесие нити с малой стрелой провисания на участке  $AB$ , здесь нить представляет собой нить с малой стрелой провисания.

Натяжение нити в точках  $A$  и  $B$  можно вычислить по формулам [1]:

$$T_A = q(a_1 + f_1); \quad T_B = q(a_1 + f_1 - h_{AB}) = q(a_1 + f_1) - qh_{AB} = T_A - qh_{AB} \quad (1)$$

где  $T$  – натяжение нити в соответствующей точке, Н;

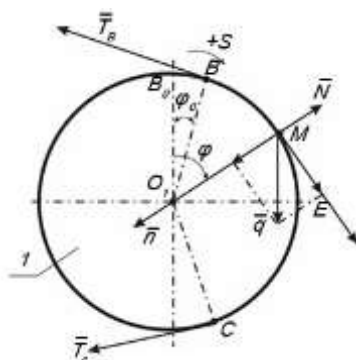
$q$  – погонный вес нити, Н/м (аналог линейной плотности);

$a$  – параметр зависящий от расположения и веса нити, м;

$f$  – стрела провисания нити на соответствующем участке, м;

$h$  – превышение опор на участке нити, м.

Далее рассмотрено равновесие нити на следующем участке  $BEC$  на гладкой цилиндрической поверхности (рис. 2).



**Рис. 2. Тяжелая нить на гладкой цилиндрической поверхности**

Дифференциальные уравнения равновесия нити составлены в проекциях на оси естественного трехгранника [2]:

$$\frac{dT}{ds} + q \sin \varphi = 0; \quad \frac{T}{r} + q \cos \varphi - N = 0 \quad (3)$$

где  $T$  – натяжение нити в точке, Н;

$s, \varphi$  – дуговая и угловая координаты точки нити, соответственно м;

$r$  – радиус шкива, м;

$N$  – нормальное давление (реакция поверхности), Н.

Получен закон изменения натяжения нити на гладкой цилиндрической поверхности шкива 1, учитывая выражение (1):

$$T = T_A + qr \cos \varphi - qr \cos \varphi_0 - qh_{AB} \quad (4)$$

Натяжение нити в точке  $C$  определяется подстановкой в равенство (4) значения угловой координаты  $\varphi_C = \pi - \varphi_1$ :

$$T_C = T_A + qr \cos(\pi - \varphi_1) - qr \cos \varphi_0 - qh_{AB} = T_A - q[h_{AB} + r(\cos \varphi_1 + \cos \varphi_0)] \quad (5)$$

Из второго уравнения системы (3) определено нормальное давление:

$$N = \frac{T_A}{r} + q(2 \cos \varphi - \cos \varphi_0) - \frac{q}{r} h_{AB} \quad (6)$$

Чтобы обеспечить контакт нити с поверхностью во всех ее точках, должно выполняться условие неотрицательности нормального давления. Самой опасной точкой

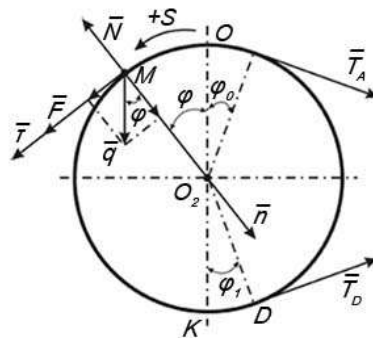
на поверхности шкива 1 в отношении нарушения контакта является точка  $C$ , где  $\varphi_C = \pi - \varphi_1$ .

Нормальное давление в точке  $C$  должно быть неотрицательно  $N_C = \frac{T_A}{r} - q(2 \cos \varphi_1 + \cos \varphi_0) - \frac{q}{r} h_{AB} \geq 0$ , откуда можно выразить ограничение для значения натяжения в точке  $A$ .

Затем рассмотрено равновесие нити на участке  $CD$ . Натяжение нити в точках  $C$  и  $D$  можно определить по формулам

$$T_C = q(a_2 + f_2); \quad T_D = q(a_2 + f_2 - h_{CD}) = q(a_2 + f_2) - qh_{CD} = T_C - qh_{CD} \quad (7)$$

Последним участком рассматриваемой нити является огибание нитью шероховатой цилиндрической поверхности шкива 2 (рис. 3).



**Рис. 3. Тяжелая нить на шероховатой цилиндрической поверхности**

Нить расположена на геодезической кривой цилиндрической поверхности, тогда угол геодезического отклонения  $\sigma = 0$ , а радиус кривизны нити  $\rho = R$ . Дифференциальные уравнения равновесия нити в проекциях на оси естественного трехгранника [3]:

$$\begin{aligned} \frac{dT}{ds} + q \sin \varphi + F &= 0 \\ \frac{T}{R} + q \cos \varphi - N &= 0 \\ F &\leq k \cdot N \end{aligned} \quad (8)$$

где  $T$  – натяжение нити в точке, Н;  
 $s$  – дуговая координата точки нити, м;  
 $\varphi$  – угловая координата точки нити, м;  
 $N$  – нормальное давление (реакция поверхности), Н;  
 $F$  – сила трения, Н;  
 $k$  – коэффициент трения нити о поверхность.

Выразим из второго уравнения системы (8) нормальное давление:

$$N = \frac{T}{R} + q \cos \varphi \quad (9)$$

Решая систему уравнений равновесия (8) определено натяжение нити в точке  $D$

$$T_D \geq T_A e^{-k(\pi + \varphi_1 + \varphi_0)} - \frac{qR}{k^2 + 1} \left\{ (1 - k^2) [\cos \varphi_1 + e^{-k(\pi + \varphi_1 + \varphi_0)} \cos \varphi_0] + 2k [-\sin \varphi_1 + e^{-k(\pi + \varphi_1 + \varphi_0)} \sin \varphi_0] \right\}$$

Натяжение нити в точке  $K$

$$T_K \geq T_A e^{-k(\pi+\varphi_0)} - \frac{qR}{k^2+1} \left\{ (k^2-1) [\cos \pi - e^{-k(\pi+\varphi_0)} \cos \varphi_0] + 2k [\sin \pi - e^{-k(\pi+\varphi_0)} \sin \varphi_0] \right\}$$

Для наличия контакта нити с поверхностью в точке  $K$  подставим в уравнение (9) имеющиеся численные значения.

В работе для принятых заправочных параметров закрепления нити определены параметры цепной линии и нити на поверхности гладкого и шероховатого шкивов, как модели рабочих органов. Выведены аналитические зависимости натяжения в любой точке нити от конкретного участка нити, положения в пространстве, некоторых свойств контактирующей с нитью поверхности и погонного веса нити.

Определено нормальное давление на участках нити в точках опасных в отношении нарушения контакта. Наибольшее натяжение нить испытывает в верхней точке закрепления. Определен интервал значений начального натяжения  $T_A$ . По выбранному значению начального натяжения определено натяжение в конечной точке нити.

### Список литературы

1. Меркин Д. Р. Введение в механику гибкой нити. М.: Наука. 1980. 240с.
2. Мигушов И. И. Механика текстильной нити и ткани. Монография. М.: Легкая индустрия. 1980. 160 с.
3. Клочкова Г. М. Применение теории гибкой нити к решению инженерных задач. М: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина. 1993. 75 с.

УДК678.044

## ПРОМОТОРЫ АДГЕЗИИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КОБАЛЬТА ДЛЯ РЕЗИНО-МЕТАЛЛОКОРДНЫХ КОМПОЗИТОВ ADHESION PROMOTORS WITH REDUCED COBALT CONTENT FOR RUBBER-METAL CORD COMPOSITES

**Карманова Ольга Викторовна \*, Тихомиров Сергей Германович \*,  
Линцова Елена Викторовна \*, Челноков Виталий Вячеславович\*\*  
Karmanova Olga Viktorovna \*, Tikhomirov Sergei Germanovich \*,  
Lintsova Elena Viktorovna \*, Chelnokov Vitaliy Viacheslavovich \*\***

*\*Воронежский государственный университет инженерных технологий,  
Россия, Воронеж*

*\*Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Voronezh  
(e-mail: karolga@mail.ru)*

*\*\*Российская инженерная академия*

*\*\*Russian Academy of Engineering, Moscow, Russia*

*Аннотация:* Исследовано влияние промоторов адгезии резины к латунированному металлокорду с содержанием кобальта 7,5-10,5%мас. на свойства резиновых смесей и вулканизатов. Проведены испытания модельных бреккерных резиновых смесей на основе каучука СКИ-3 и оценена прочность связи резины к латунированному металлокорду.

*Abstract:* The influence of adhesion promoters with a cobalt content of 7.5-10.5% wt. on the properties of rubber compounds and vulcanizates has been studied. Tests of samples

based on SKI-3 rubber were carried out. The bond strength of rubber to brass-plated steel cord was evaluated.

*Ключевые слова:* резина, металлокорд, прочность связи, промоторы, карбоксилат кобальта

*Keywords:* rubber, steel cord, bond strength, promoters, cobalt carboxylate

Расширение ассортимента и объема выпуска радиальных шин с металлокордом в брекере и каркасе обуславливает необходимость совершенствования состава обкладочных резин. Такие резины изготавливают на основе полиизопрена, в состав вводят соединения металлов переменной валентности, прежде всего кобальта, никеля [1-3]. Из кобальтсодержащих промоторов наиболее распространены стеарат и нафтенат кобальта, манобонд 680С, содержание  $Co^{2+}$  в которых варьируется от 10,5 до 22,5% мас. Однако известно, что ионы кобальта являются сильными катализаторами окислительных процессов, тем самым ускоряют деструкцию макромолекул каучука. К тому же соли кобальта являются дорогими и дефицитными. Снижение содержания металлов переменной валентности в промоторах адгезии позволяет устранить его отрицательное воздействие на деструкцию каучука и вулканизационной сетки, а, следовательно, на свойства обкладочных резин [4-5].

Целью исследований явилась разработка технологии получения промоторов адгезии в виде карбоксилатов кобальта (КК) с содержанием  $Co^{2+}$  7,5, 9,0, 10,5 % мас. В качестве исходного сырья для синтеза КК использовали жирные кислоты, выделенные из соапстока производства растительных масел [6-7].

Модельные резиновые смеси на основе каучука SKI-3 и опытных промоторов адгезии КК изготавливали на лабораторных вальцах ЛБ320160/160с температурой поверхности валков  $(60 \pm 5)^\circ C$ . Дозировку промотора адгезии варьировали от 0,5 до 1,5 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. В качестве образца сравнения использовали резиновую смесь на основе стеарата кобальта (1 мас.ч. на 100 мас. ч каучука). Для физико-механических испытаний из резиновых смесей получали вулканизаты прессованием при температуре  $155^\circ C$  в течение 15 мин. Определяли пластичность и эластическое восстановление резиновых смесей в соответствии с ГОСТ 415-75 на сжимающем пластометре Вильямса, вязкость по Муни и склонность к скорчингу резиновых смесей - согласно ГОСТ Р 54552–2011 на ротационном вискозиметре Муни MV2000; вулканизационные характеристики – по ГОСТ 12535-84 на безроторном вулканометре MDR-2000; упруго-прочностные свойства – по ГОСТ Р 54553 на разрывной машине РМИ-60; прочность связи резины с латунированным металлокордом – по ГОСТ ISO 5603-2013. Результаты испытаний приведены в табл. 1-4.

**Таблица 1. Пласто-эластические свойства резиновых смесей**

№	Тип промотора	Содержание, мас. ч.					
		Пластичность			Эластическое восстановление, мм		
		0,5-КК	1,0-КК	1,5-КК	0,5-КК	1,0-КК	1,5-КК
1	КК-7,5	0,40	0,40	0,42	1,01	1,02	1,02
2	КК-9	0,39	0,39	0,40	0,98	0,98	1,00
3	КК-10,5	0,38	0,37	0,42	1,00	0,98	0,98

**Таблица 2 – Вязкость и склонность к скорчингу резиновых смесей**

№	Наименование показателей	Содержание, мас. ч.		
		0,5-КК	1,0-КК	1,5-КК
1	КК-7,5			
	Вязкость по Муни, $100^\circ C$ , усл. ед.	43	43	44
	Время начала подвулканизации, $120^\circ C$ , мин	9,0	9,0	8,8
2	КК-9			

	Вязкость по Муни, 100°C, усл. ед.	44	44	44
	Временя начала подвулканизации, 120°C, мин	8,7	8,7	8,5
3	КК-10,5			
	Вязкость по Муни, 100°C, усл. ед.	43	43	44
	Временя начала подвулканизации, 120°C, мин	8,5	8,5	8,5

**Таблица 3. Физико-механические показатели вулканизатов (содержание КК в резиновой смеси 1,0 мас.ч. на 100 мас.ч каучука)**

№	Наименование показателей	Шифры образцов		
		КК-7,5	КК-9	КК-10,5
2	Условная прочность при растяжении, МПа	17,2	16,9	18,2
3	Относительное удлинение при разрыве, %	420	430	420
4	Относительное остаточное удлинение, %	18	16	18

**Таблица 4 – Прочность связи (Н) резины н с латунированным металлокордом**

№	Содержание КК, мас.ч.	Шифры образцов			
		Стеарат ко-бальта	КК-7,5	КК-9	КК-10,5
1	Нормальные условия				
	0,5	310	308	312	312
	1,0	320	318	324	332
	1,5	340	324	336	338
2	После теплового старения, 100°C, 72 ч				
	0,5	200	202	200	198
	1,0	210	198	196	210
	1,5	194	196	188	194
3	После солевого старения, 5% NaCl, 6 ч				
	0,5	236	224	236	236
	1,0	250	250	252	248
	1,5	260	252	264	268

Таким образом, установлено, что использование в брекерных резиновых смесях опытных кобальтсодержащих (7,5-10,5%) промоторов адгезии обеспечивают удовлетворительный уровень технологических, вулканизационных, упруго-прочностных свойств и стойкости с внешним воздействиям, а также высокую прочность связи резины с латунированным металлокордом. Применение опытных промоторов адгезии в рецептурах брекерных резиновых смесей целесообразно с экономической точки зрения: решается задача импотрозамещения, снижается себестоимость резиновых смесей, так как цена опытных продуктов ~ в 3 раза ниже серийно применяемых аналогичных продуктов в настоящее время в резиновой промышленности.

#### Список литературы

1. *Осошник И.А., Карманова О.В., Шутилин Ю.Ф.* Технология пневматических шин, Воронеж: ВГТА. 2004. 508 с.
2. *Каблов В. Ф., Латин С. В., Пучков А. Ф., Шмурак И. Л.* Некоторые промоторы адгезии металлокорда к резине // Каучук и резина. 2014. № 5. С. 42.
3. *Касперович А.В., Кротова О.А., Потанов Е.Э., Резниченко С.В., Шкодич В.Ф.* Влияние модифицированного кремнезема на адгезию резины к металлокорду // Вестник Технологического университета. 2014. Т. 17 (14). С. 235.
4. *Шмурак И. Л.* Адгезионное соединение металлокорд/резина. Формирование и разрушение // Каучук и резина. 2013. № 2. С. 56.



5. Jeon G.S. On characterizing microscopically the adhesion interphase for the adhesion between metal and rubber compound part III. Effect of brass-plating amount for brass-plated steel cord // Journal of Adhesion Science and Technology. 2017. Vol. 31. N24. P. 2667.

6. Карманова О.В., Кудрина Г.В., Осошник И.А., Енютина М.В., Тихомиров С.Г., Кориштин С.И. Соли металлов жирных кислот и способ их получения // Патент на изобретение RU 2415886. Опубл.10.04.2011. Бюл. №10.

7. Попова Л.В., Карманова О.В., Репин П.С., Тарасевич Т.В. Нетрадиционные методы утилизации побочных продуктов масложировой промышленности // Экология производства, 2012. № 12. С. 42.

УДК 691.175

## СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ AGRICULTURAL FACILITIES INSULATION SYSTEMS

**Жуков Алексей Дмитриевич \***, **Тер-Закарян Карапет Арменович \*\***,  
**Зиновьева Екатерина Анатольевна \***, **Колесова Дарья Александровна\***  
**Zhukov Alexey Dmitrievich \***, **Ter-Zakaryan Karapet Arменович \*\***,  
**Zinovieva Ekaterina Anatolyevna \***, **Kolesova Daria Aleksandrovna \***

*\* Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)*

*\* National Research "Moscow State Construction University" (NRU MSCU)*

*\* Российская инженерная академия (РИА)*

*\* Russian Academy of Engineering (RAE)*

*\*\* ООО «ТЕПОФОЛ»,*

*\*\* "TEPOFOL" LLC*

*Аннотация:* В статье проведен анализ критериев энергетической эффективности строительных систем, применительно к их использованию в сельском хозяйстве. Изложены особенности реализации изоляционных систем при строительстве каркасных и бескаркасных сооружений. Обоснована целесообразность применения изделий из пенополиэтилена в качестве материалов для бесшовной теплоизоляционной оболочки.

*Abstract:* The article analyzes the criteria for the energy efficiency of building systems in relation to their use in agriculture. The features of the implementation of insulation systems in the construction of frame and frameless structures are stated. The expediency of using products made of polyethylene foam as materials for a seamless heat-insulating shell has been substantiated.

*Ключевые слова:* система изоляции, пенополиэтилен, долговечность, склады, ангары, хранилища.

*Keywords:* insulation system, polyethylene foam, durability, warehouses, hangars, storage.

Реализация требований по энергоэффективности при строительстве хранилищ, складов, ангаров предполагает использование каркасных или бескаркасных конструкций в сочетании с эффективной изоляционной оболочкой. Наилучшие показатели достигаются при использовании рулонных эластичных изоляционных материалов [1, 2]. Проблемы соединения отдельных элементов (листов) решаются за счет применения

замкового соединения. Листы в замковом соединении фиксируются между собой различными методами. Предлагаемая некоторыми производителями и строителями фиксация на клей имеет ограниченное время действия. Дело в том, что эластичный рулонный материал, закрепленный на каркасе, расширяется и сжимается совместно с несущим основанием. Основные нагрузки концентрируются на стыках и клеевое соединение после одно-двух сезонов эксплуатации разрушается. Аналогично ведут себя соединения при помощи монтажных лент и пен, т.к. монтажная лента крепится при помощи того же клеевого соединения, а пена - при помощи химической адгезии разнородных материалов [3, 4].

Наиболее перспективным и надежным является технология формирования бесшовной изоляционной оболочки на основе рулонного пенополиэтилена, разработанная ООО ТЕПОФОЛ (патент №2645190). Тепло- паро- воздухоизоляционная оболочка создается за счет механического закрепления рулонного пенополиэтилена на несущей конструкции с последующим соединением отдельных листов в замок и их сваркой горячим воздухом посредством строительного фена. В бескаркасных системах изоляционный материал монтируют с внутренней стороны металлического оцинкованного профилированного листа; в каркасных системах изоляционную оболочку устанавливают с внешней стороны несущего каркаса [5, 6].

Изделия из пенополиэтилена закрепляются на конструкции, как правило, с помощью дюбелей, скоб, оцинкованных штифтов и пр. Кроме того изделия в процессе эксплуатации испытывают растягивающие нагрузки, обусловленные их температурными деформациями.

Установлено, что прочность при растяжении в продольном направлении для изделий с металлизированным покрытием составляет 80–92 кПа, без металлизированного покрытия – 80–87 кПа, а для сварного шва – 29–32 кПа.

При утеплении объекта вспененным полиэтиленом рулоны теплоизоляции укладываются параллельно основанию и крепятся с внутренней стороны сооружения так, чтобы металлизированный отражающий слой был обращён внутрь помещения. Пенополиэтилен монтируется к несущей поверхности единым рулоном при помощи оцинкованных гвоздей и фиксируется прижимными шайбами. Замковые соединения материала обязательно спаиваются строительным (промышленным) феном для «сращивания» теплоизоляционных полотен.

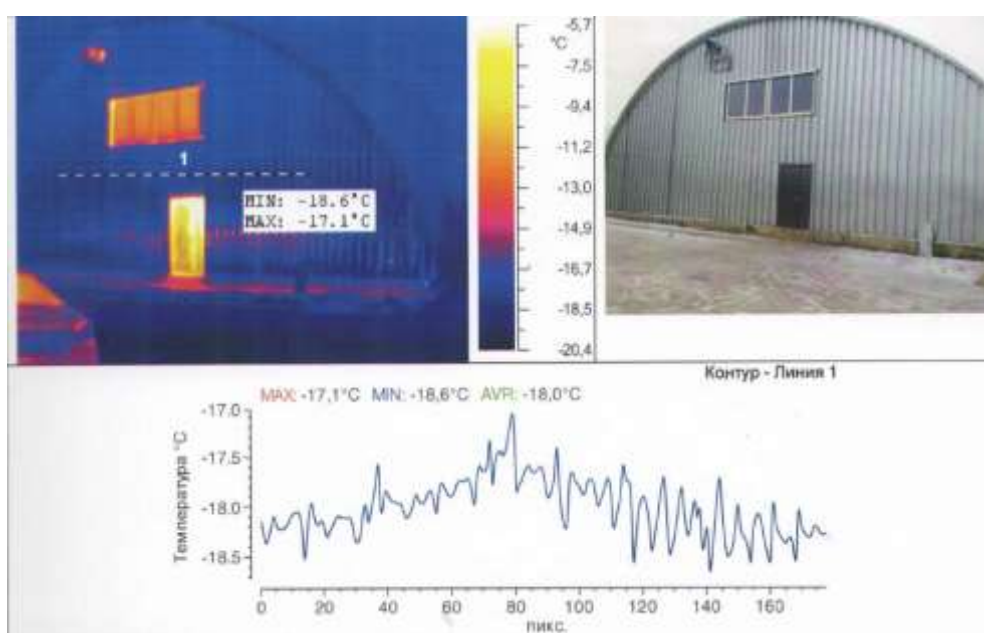


**Рис. 1. Монтаж изоляционной оболочки ангара**

Температура применения вспененного полиэтилена, которая колеблется в интервале от минус 60 до 80°C, создаёт все необходимые условия для проведения всесезонного монтажа. Работы по теплоизоляции объектов не зависят от внешней температуры воздуха и могут проводиться 365 дней в году. Более того, сам рулонный полиэтилен не подвержен разрушению под влиянием сезонных температурных колебаний, что делает его всепригодным и подходящим для регионов с экстремальными температурными режимами, включая суровые климатические условия использования.

Подобная система теплоизоляции имеет очень высокую степень надежности, а эластичность пенополиэтилена позволяет ему деформироваться согласно с температурными деформациями металлической оболочки. Изделия в процессе эксплуатации испытывают растягивающие нагрузки, обусловленные их температурными деформациями. Для целостности изоляционной оболочки важна также прочность сварного соединения между отдельными полотнищами теплоизоляции.

Реализация тепловизионного мониторинга хозяйственных сооружений с изоляционной оболочкой на основе вспененного полиэтилена подтвердила эффективность бесшовного соединения, и позволила выявить типичные области тепловых потерь. На рис. 2 отчетливо видны области тепловых потерь через оконные и дверные проемы, так же через неплотности на стыке основания и торцевой стены. Дополнительной изоляцией внахлест со сваркой горячи воздухом потери через неплотности были в последствии устранены, а в рекомендации по монтажу были включены дополнительные требования.



**Рис. 2. Тепловизионная съемка ангаров и их изоляционной оболочки: линия 1 – температура °C**

При хранении сельхозпродукции, создание определенного температурно-влажностного режима способствует, в первую очередь, сохранению продукции и доставки ее потребителю в неповрежденном виде. Основными факторами риска является нарушение оптимального режима, а также опасность конденсации влаги, как на продукции (при ее хранении россыпью), так и на поверхностях строительных конструкций.

Бесшовное утепление овощехранилищ ангарного типа с применением рулонного пенополиэтилена с теплоотражающим покрытием, обеспечивает эффективную систему изоляции овощехранилища. Получаемая сплошная изоляционная оболочка не имеет мостиков холода по глади поверхностей, препятствует проникновению влаги внутрь помещения и образованию конденсата. В этом случае эффективность теплоизоляционного контура значительно повышается, внутренняя температура сохраняется на заданном уровне, расходы на внутренний обогрев сокращаются.

Системы изоляции с применением пенополиэтилена с бесшовным соединением хорошо зарекомендовали себя при изоляции животноводческих объектов (рис. 3). При реконструкции объектов под помещения для содержания скота изолируют стены и потолок рулонными материалами с механическим закреплением на поверхности и созданием бесшовной оболочки. В больших по объему помещениях рекомендуется применение

воздухообменной вентиляции и климат контроля (по влажности и температуре), что обеспечит оптимальный режим содержания животных.

Более того, на объектах сельского хозяйства, предъявляются повышенные требования к теплоизоляционным материалам. Отличительной особенностью рулонного пенополиэтилена является его экологичность. Изделия из вспененного полиэтилена не содержат в своем составе вредные для здоровья человека и животных компоненты.



**Рис. 3. Изоляция каркасного помещения. Телятник**

При изоляции *ангаров под крытые автомобильные стоянки и гаражи* (рис. 4) целями защитных мероприятий являются: сохранение техники в рабочем состоянии, создание благоприятных условий для работы персонала, энергосбережение и снижение затрат на эксплуатацию и объектов и техники.

Для сохранения комфортного микроклимата и безопасности подобных объектов рекомендованы системы воздухообмена и современные мощные системы принудительной приточной вентиляции. В помещениях для хранения овощной продукции обязательным является контроль по температуре и влажности, обеспечивающей максимальное сохранение продуктов.



**Рис. 4. Интерьеры утеплённых автомобильных стоянок**

Системы на основе вспененного полиэтилена является наглядным примером реализации принципов энергетической эффективности, которые могут быть сформулированы следующим образом: снижение расходов на обогрев помещения; использование материалов и конструкций допускающих быстрое и неэнергоёмкое возведение сооружений; создание *оптимальных условий для работы персонала, сохранения изолируемых материалов и комфортного нахождения людей*. Применительно к сооружениям конкретного назначения, создание бесшовной изоляционной оболочки, в сочетании с использованием современных инженерных систем, позволяет создавать необходимый температурно-влажностный режим в помещениях.

### Список литературы

1. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Тучаев Д.Ю., Петровский Е.С. Энергоэффективная изоляция продовольственных складов и овощехранилищ // Международный сельскохозяйственный журнал, 2018. № 1 (361), С. 65–67.
2. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Симонов В.А. Тенденции развития норм тепловой защиты зданий в России // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2012. № 2(11). С.39–44.
3. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Бессонов И.В., Семенов В.С., Старостин А.В. Системы утепления зданий с применением пенополиэтилена // Строительные материалы. 2018. № 9. С. 58–61.
4. Умнякова Н.П., Цыганков В.М., Кузьмин В.А. Экспериментальные теплотехнические исследования для рационального проектирования стеновых конструкций с отражающей теплоизоляцией // Жилищное строительство. 2018. № 1-2. pp. 38–42
5. Патент РФ № 2645190 «Замковая технология теплоизоляционного материала для бесшовной сварки соединительных замков» зарегистрирован 16 февраля 2018 г. БИ №5-2018
6. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Бессонов И.В., Семенов В.С., Старостин А.В. Системы утепления каркасных коттеджей // АCADEMIA.2019. № 1. С. 122–127.

УДК 339.7

## ФИНАНСОВЫЕ РЫНКИ СОВЕТА СОТРУДНИЧЕСТВА АРАБСКИХ ГОСУДАРСТВ ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА – ИССЛЕДОВАНИЕ СИММЕТРИЧНОСТИ ШОКОВ GCC FINANCIAL MARKETS–ASSESSING THE SYMMETRY OF SHOCKS

**Прокопьев Пётр Сергеевич**  
**Prokopyev Pyotr Sergeevich**

*Финансовый университета при Правительстве РФ, Россия, Москва*  
(e-mail: prokopyev2012@gmail.com)  
*Financial University under the Government of the Russian Federation, Russia, Moscow*  
(e-mail: prokopyev2012@gmail.com)

*Аннотация:* В статье рассматриваются особенности финансовой интеграции Совета сотрудничества арабских государств Персидского залива. Производится эконометрическая оценка волатильности и анализируется степень схожести реакции финансовых рынков на глобальные экономические шоки.

*Abstract:* The article examines the features of financial integration of the Cooperation Council for the Arab States of the Gulf. An econometric assessment of volatility is carried out and the degree of similarity of the reaction of financial markets to global economic shocks is analyzed.

*Ключевые слова:* ССАГПЗ, финансовые рынки, пандемия, финансовая интеграция, финансовые шоки.

*Keywords:* GCC, financial markets, pandemic, financial integration, financial shocks.

Совет сотрудничества арабских государств Персидского залива (ССАГПЗ, GCC, ССЗ) был создан на основе особых отношений его членов и общих черт, таких как об-

щие социальные, культурные, политические и экономические характеристики. Шесть государств - Саудовская Аравия, Катар, Кувейт, Бахрейн, Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ) и Оман - находятся в стадии глубоких перемен, как финансово-экономических, так и социально-политических. Общая цель GCC - добиться координации, сотрудничества и интеграции во всех областях (Хартия ССЗ 1981 г.). Члены GCC решили скоординировать свою политику и обеспечить взаимную интеграцию, начиная с регионального соглашения о свободной торговле в 2008 году, с целью достижения соглашения о создании валютного союза. С момента создания ССЗ в 1981 году государства-члены претерпели существенные экономические и социальные преобразования, которые обуславливают дальнейшую траекторию развития стран региона.

С тех пор объединение пришло к таможенному союзу и обеспечило свободное перемещение капитала и национальной рабочей силы. Национальные экономики имеют в некоторой степени схожие производственные характеристики и зависимость от иностранных рынков труда. Эти свойства могут сгладить различия между странами и способствовать успеху на пути к полной экономической и валютной интеграции.

Финансовые системы ССАГПЗ значительно эволюционировали за последние пару десятилетий, но есть дальнейшие возможности для прогресса. Развитие банковского и фондового рынков поддерживалось сочетанием оживленной экономической активности, процветающего сектора исламского финансирования и реформ финансового сектора. В результате финансовые системы углубились, и в целом уровень финансового развития хорошо сопоставим с развивающимися рынками. Тем не менее, он все еще отстает от стран с развитой экономикой и, за исключением Саудовской Аравии, представляется ниже, чем можно было бы ожидать, основываясь на фундаментальных экономических показателях.

Под валютно-финансовой интеграцией, на которую нацелены страны ССАГПЗ, как правило, подразумевают введение единой валюты на территории стран-участниц. Следовательно, возникает вопрос об оценке целесообразности и оптимальности формирования валютного союза. Традиционным методом оценки данного решения является теория оптимальных валютных зон (ОВЗ), разработанная Р. Манделлом еще в 1961г. [1].

Первые исследователи в рамках этой теории обычно рассматривали ОВЗ как некоторую географическую область с единой валютой, обменные курсы которой безвозвратно привязаны, то есть колебания обменного курса происходят только относительно остального мира.

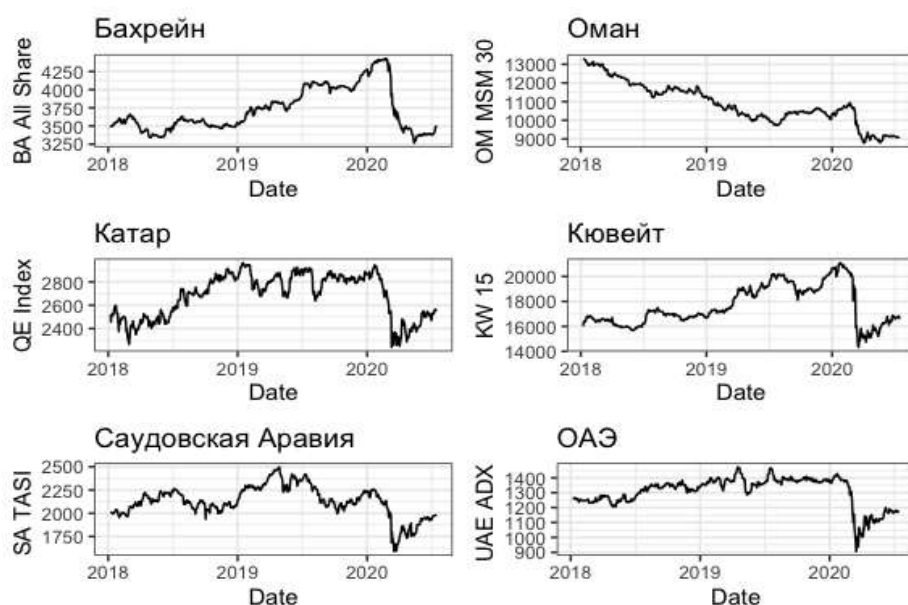
Исследователи, как правило, предлагали набор различных свойств, которые они называли «критериями» или «предпосылками», которые, по их мнению, должны были быть выполнены для оптимальной монетарной интеграции. Эти критерии обычно включали гибкость цен (или заработной платы), факторы мобильного производства (особенно подчеркивалась мобильность рабочей силы), степень интеграции финансового рынка, открытость экономики (т.е. диверсификация торговли), диверсификация производства и потребления, сходство в уровнях инфляции, фискальной и политической интеграция. Однако крайне важно отметить, что литература по теории ОВЗ на сегодняшний день не содержит каких-либо формальных тестов с гипотезой, которые могли бы быть строго приняты или отклонены [2].

Симметричные (или асимметричные) шоки нередко акцентируются в исследованиях ОВЗ, особенно в отношении стран Европы. Методологией исследования этого критерия является структурная векторная авторегрессивная модель. Одна из самых выдающихся работ в этом направлении была проделана Т.Байоуми и Б.Эйкенгрином [3].

Можно предположить, что асимметричность шоков в рамках рассмотрения оптимальности единой валютной зоны в отдельно взятом регионе можно рассмотреть в

помощью модели GARCH [4], исследуя волатильность и ее изменения на финансовых рынках в период кризисов 2020г. Этот временной период включает себя реакции рынков на отсутствие договоренности ОПЕК, а так же и страхи глобальной рецессии на фоне пандемии COVID.

Для исследования были взяты данные о котировках фондовых индексов в период с 08.01.2018 по 14.07.2020 стран ССАГПЗ - BAAllShare, OMMSM 30, QEIndex, KW 15, SATASI и UAEADX для Бахрейна, Омана, Катара, Кувейта, Саудовской Аравии и ОАЭ соответственно. Данные взяты из системы ThompsonReuters и представлены на Рис.1:



**Рисунок 1. Фондовые индексы ССАГПЗ**

Для анализа волатильности воспользуемся моделью GARCH (1,1). Для этого необходимо оценить значения волатильности в следующем виде:□

$$\sigma_n^2 = \omega + \alpha u_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2,$$

где  $\omega = \gamma V_L$ , весовой коэффициент  $\gamma$  долгосрочной дисперсии  $V_L, u_{n-1}^2$  - это последнее значение квадрата логарифмических доходностей с соответствующим коэффициентом  $\alpha$ , а  $\sigma_{n-1}^2$  последнее оценочное значение волатильности с соответствующим коэффициентом  $\beta$ . Для оценки долгосрочной волатильности имеет смысл сравнить значения долгосрочной волатильности  $V_L = \frac{\omega}{1-\alpha-\beta}$ .

Для оценки параметров волатильности используется пакет *rugarch* для среды R, предполагая нормальное распределение ошибок и стандартную спецификацию обобщенной модели авторегрессионной условной гетероскедастичности с лагами  $p=q=1$ .

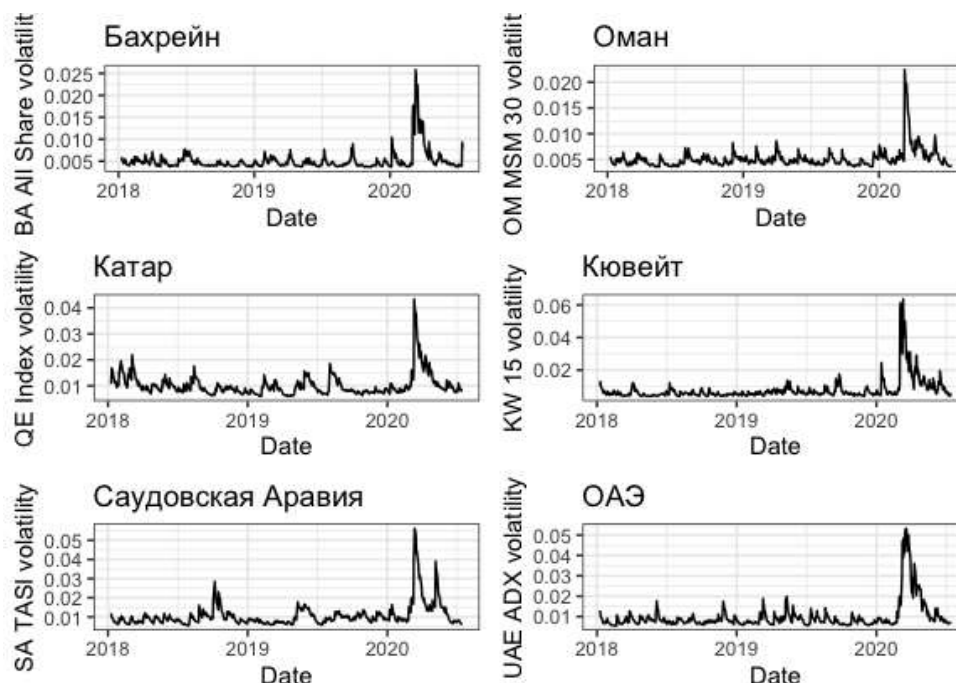
Оценочные параметры волатильности модели GARCH (1,1) за рассматриваемый период имеют следующий вид и представлены в Табл. 1:

**Таблица 1. Оценочные параметры волатильности GARCH(1, 1)**

Страна	$\omega$	$\alpha$	$\beta$	$V_L$
Бахрейн	0,000004	0,1740	0,6766	0,003%
Оман	0,000003	0,1540	0,7490	0,003%
Катар	0,000006	0,1691	0,7852	0,014%
Кувейт	0,000005	0,4001	0,5950	0,111%

Саудовская Аравия	0,000005	0,2020	0,7764	0,024%
ОАЭ	0,000009	0,2260	0,6828	0,010%

Для более полного понимания особенностей волатильности имеет смысл построить соответствующие графики волатильности:



**Рисунок 2. Волатильность индексов ССАГПЗ**

Очевидно, что наблюдается схожесть как и общей картины волатильности ключевых фондовых индексов, так и оценочных значений волатильности и коэффициентов их долгосрочной волатильности. Важно отметить, что финансовые рынки этих стран серьезно отличаются – как по объёмам торгов, так и по структурным характеристикам.

Тем не менее, учитывая схожие структурные характеристики экономик региона и сырьевую ориентированность, трудно аргументировать отсутствие в равной степени схожих особенностей финансовых рынков.

Основываясь на результатах моделирования можно отметить, что и реакция на шоковые события на финансовых рынках, и степень утихания этих шоков во многом схожи в странах ССАГПЗ, что во много свидетельствует о синхронизации и финансовых рынков.

Представленные выше результаты моделирования показывают, что ключевые фондовые индексы стран ССАГПЗ с высокой степенью схожестью отреагировали на финансовые шоки от несостоявшейся сделки ОПЕК в начале года и на колоссальный спад экономической активности на глобальном уровне из-за пандемии COVID.

Этот факт прежде всего свидетельствует о высокой степени финансовой синхронизации среди этих 6 стран, что, вероятно, может указывать на предпосылки и для дальнейшей финансово-экономической интеграции стран-участниц ССАГПЗ.

Наличие таможенного союза, а также намерения лидеров этих государств продолжить процесс интеграции вероятнее всего приведет и к введению единой валюты в регионе, о чем уже завилляли лидеры. Несмотря на то, что этот процесс на данный момент затруднен не только политическими противоречиями, но и глобальным экономическим кризисом, имеет смысл более детально изучать как и макроэкономические



структурные особенности стран-участниц объединения, так и особенности финансовых рынков.

Более того, введение единой валюты, которая возможно не будет привязана к курсу американского доллара (в отличии от всех валют ССАГПЗ на данный момент), безусловно отразится на финансовых рынках и в фондовых индексах. Следовательно, изучение особенностей волатильности и реакции на финансовые шоки также является весьма перспективным направлением для дальнейшего изучения.

#### Список литературы

1. *Mundell R.* A Theory of Optimum Currency Areas [Journal] // American Economic Review,.- 1961.- pp. 657-665.
2. *Eichengreen B.* One Money for Europe? Lessons from The U. S. Currency Union, [Journal] // Economic Policy: a European Forum, Vol. 5, No. 1.- 1990.- pp. 118-187.
3. *Bayoumi T. and Eichengreen B.* Shocking Aspects of Monetary Unification [Report].- [s.l.]: National Bureau of Economic Research, Working Paper # 3949,, 1992.
4. *Bollerslev T.* Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity [Journal] // Journal of Econometrics. Vol. 31(3), p. 307-327
5. *Fasano U.* Monetary Union Among Member Countries of the Gulf Cooperation Council [Report]. - Washington, DC : International Monetary Fund Occasional Paper 223, 2003.
6. *Pinto L.* Sustaining the GCCcurrency pegs: The need for collaboration [Report]. - [s.l.] : Brookings Doha Center Publications, 2018.

УДК: 623.41

## СОЗДАНИЕ СЛОЖНЫХ НАУКОЕМКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИХ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОТОТИПОВ ADVANCED COMPLEXES OF ARMAMENT DEVELOPMENT WITH THEIR VIRTUAL PROTOTYPES IMPLEMENTATION

**Панов Виталий Валерьянович, Ищук Владимир Андреевич**  
**Panov Vitali Valerynovich, Ischuk Vladimir Andreevich**

*Российская инженерная академия, Россия, Москва*  
*Russian Academy of Endgineering, Russian, Moscow*  
(e-mail:9857637362@mail.ru; e-mail: ischuk4@yandex.ru)

*Аннотация:* Рассматриваются вопросы развития методического обеспечения сопровождения перспективных наукоемких изделий промышленности на основе разработки и применения виртуальных прототипов разрабатываемых изделий. В основу используемых технологий полагаются полномасштабные высоко полигональные технологии, базирующиеся на применении графических суперкомпьютеров с использованием многопроцессорных распределенных кластерных систем.

*Abstract:* Issues of methodical support development of military-technical maintenance of prospective high tech samples of armament on the basis of development and employment of virtual prototypes of products under development are under consideration. At a fundamental level of used technologies full scale high polygonal technologies are taken into consideration which are based on the employment of graphic super computers based on multiprocessor distributed cluster systems.

*Ключевые слова:* виртуальная реальность, графический суперкомпьютер, расчетно-моделирующий комплекс, методическое обеспечение, математическое и информационное обеспечение, имитационное моделирование.

*Key words:* virtual reality, graphic super computers based, virtual battle field, computing modeling complex, methodological support, software and information support, simulation.

В «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» сформулированы приоритетные направления научно-технического развития государства, в том числе сформированы основные задачи развития технологий, непосредственно связанных с обеспечением возможностей средств производства [1]. В частности, сформулирована необходимость развития таких направлений научно-технологического развития, которые обеспечат «...переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта...».

Применение моделирования для обеспечения системного проектирования сложных наукоемких изделий обеспечивает сокращение сроков НИОКР, экономию материальных и финансовых ресурсов, снижает риски, связанные с отсутствием достаточного обоснования решений, принимаемых на различных этапах процесса создания сложных наукоемких изделий (систем), что, в конечном счете, способствует созданию более совершенных и эффективных изделий [2].

На начальном этапе создания изделий базовыми взаимосвязанными задачами проектирования являются применение систем моделирования и расчетно-моделирующих комплексов в интересах:

- обоснования значений характеристик изделия, обеспечивающих необходимый прирост эффективности;

- обоснования структурно-функционального облика комплекса;

- системной оценки сбалансированности формируемого изделия;

- обеспечения всесторонних испытаний сложного наукоемкого изделия.

Эффективность применения исследовательских систем имитационного моделирования (ИСИМ) и базирующихся на их основе расчетно-моделирующих комплексов (РМК) достигается за счет [3].

- достижения максимальной адекватности (точности) базовых имитационных моделей применения изделий за счет расширения числа учитываемых процессов;

- повышения качества научной визуализации процесса использования и результатов имитационного моделирования применения изделия;

- усиления интерактивного характера (интерфейса) управления ходом моделирования в соответствии с необходимостью;

- обоснованного системообразующего применения ИСИМ на всех этапах сопровождения жизненного цикла изготовления изделия.

В настоящее время применительно к использованию высоко-полигональных технологий виртуальной реальности разработаны методические основы и практический опыт построения виртуальных прототипов реальных объектов [4-6].

Применение виртуальных 3D объектов на несколько порядков дешевле создания макетов, обеспечивает большую гибкость при моделировании изделий, модернизации и эксплуатации, является эффективным способом для их быстрого воссоздания или ремонта. Преимущества 3D-моделей и в том, что с их помощью легко можно проследить характеристики изделий, их работоспособность, результаты испытаний, сроки эксплуатации и восстановления. Кроме того, одновременно с разработкой изделия его вирту-

альный прототип может быть интегрирован в имитационное моделирование применения разрабатываемого изделия, проводимое в рамках научного сопровождения создания перспективного наукоемкого изделия. Целью такой процедуры является проверка выполнения предъявленных требований к разрабатываемому изделию и, при необходимости, их корректировка.

Помимо моделирования процесса применения изделия, виртуальное имитационное моделирование может быть полноценной альтернативой натурным полигонным и лабораторным испытаниям и экспериментам, причем с гораздо большими возможностями, поскольку снимает ограничения по технике безопасности, материальным и финансовым затратам.

В настоящее время прорывным направлением формирования соответствующей виртуальной среды является развитие и применение полномасштабных высокополигональных технологий формирования виртуальной реальности, реализуемых на базе применения графических суперкомпьютерных вычислительных средств. В соответствии с рассмотренными возможностями технологий виртуальной реальности создание соответствующего макета может быть выполнено в виде виртуального прототипа образца, базирующегося на использовании полномасштабных технологий формирования виртуальной реальности.

Отмеченное обуславливает дополнительные специфические требования к исследовательской системе имитационного моделирования (ИСИМ), предусматривающие выполнения условий. Таковыми являются требования:

- использования в качестве объектов высокополигональных 3D-моделей объектов с обеспечением требуемой точности и учетом совокупности характерных свойств их прототипов;
- формирования полномасштабной высокополигональной виртуальной среды взаимодействия 3D-моделей изделий;
- обеспечения динамического погружения полномасштабных 3D-моделей изделий в виртуальную среду;
- интерактивного управления и проигрывания схем применения изделий, включая изменение ситуации и наблюдение обстановки;
- использования в качестве вычислительной среды графических суперкомпьютеров на базе многопроцессорных распределенных кластерных систем

В основу рассматриваемых ИСИМ и соответствующих расчетно-моделирующих комплексов полагается универсальная платформа имитационного моделирования в соответствии с планами применения создаваемых изделий реализуемого сценария.

Необходимой составляющей обеспечения адекватности условий применения создаваемого сложного изделия является реализация функции интерактивного управления [7]. Для реализации интерактивного управления разрабатываемым виртуальным прототипом изделия создаются соответствующие методы, методики и алгоритмы, которые обеспечивают возможность воспроизвести в полномасштабной виртуальной реальности процессы функционирования, устанавливать и визуализировать необходимые кадры и ракурсы. Отмеченное свойство позволяет уже на начальных этапах создания образца избежать существенных ошибок проектирования.

В целом компьютерная имитация функционирования проектируемых образцов (комплексов) вооружения в виде созданных их виртуальных прототипов на фоне искусственно воспроизведенной обстановки практически обеспечивает все этапы процесса создания изделия, начиная с выработки технических требований и концепции создаваемого изделия.

Следует отметить, что в настоящее время проблемными вопросами виртуального прототипирования реальных объектов занимается ряд организаций промышленности

России, каждая из которых работает, как правило, со своей версией соответствующего программного обеспечения.

В ходе проведения исследований и разработок на базе применения полномасштабных высокополигональных технологий формирования виртуальной реальности в достаточно развитом и востребованном виде результаты представлены в разработках НИИ «Высоких технологий» (г. Ижевск). Соответствующий научно-технический задел сформирован институтом на протяжении более десяти последних лет [8]. Созданное и апробированное программное обеспечение, в дополнение к стандартным программам, позволяет в значительной степени упростить этапы моделирования и повысить качество итоговых анимаций и научных визуализаций [9].

В настоящее время НИИ «Высоких технологий» практически отработаны методики:

- сверхвысоко-полигонального 3D-моделирования ситуаций и объектов наземной (подземной), водной (подводной), воздушной и космической инфраструктуры, виртуальных сценариев применения изделий с высокой степенью детализации;
- интерактивного управления и проигрывания применения изделий в условиях изменения ситуации (внесение коррективов).

В рамках рассматриваемого подхода к построению 3D-моделей (виртуальных прототипов) наукоемких изделий в НИИ «Высоких технологий» с использованием технологии высоко-полигонального 3D-моделирования успешно разработаны варианты конструкций ряда современных зарубежных изделий общего назначения [8]. При этом выполнен ряд работ по виртуальному моделированию образцов сложных наукоемких изделий с глубокой детализацией элементов, созданию интерактивных приложений для интерактивного управления, а также формированию моделей для организации цифровых производств с применением аддитивных технологий.

Разработки НИИ «Высокие технологии» в области развития и применения полномасштабных высокополигональных технологий виртуальной реальности поддержаны рядом научных организаций России (МГУ имени М. В. Ломоносова, ИПМ имени М. В. Келдыша, ОА «ЦНИИ МАШ» и др.) и рекомендованы для применения организациями промышленности. Следует подчеркнуть, что переход от применения натуральных макетов к виртуальным прототипам особенно эффективен при разработке продукции широкого применения и массового спроса.

В заключение статьи следует отметить, что актуальными и обеспечивающими направлениями исследований и разработок в рамках рассматриваемого приоритетного направления применения высоко-полигональных технологий виртуальной реальности, подлежащими реализации, являются:

- разработка «Программы развития и применения полномасштабных технологий виртуальной реальности в интересах сопровождения создания перспективной системы высоко-полигональных прототипов перспективных наукоемких изделий;
- постановка комплексной научно-исследовательской работы по обоснованию требований и разработке макетов полномасштабных высоко-полигональных технологий виртуальной реальности в интересах обеспечения сопровождения создания перспективных сложных наукоемких изделий.

#### **Список литературы**

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 01 декабря 2016 г. № 642.
2. Шеремет И.Б., Ишук В. А., Системное проектирование и проблемы применения инновационных технологий на базе моделирования при создании сложных наукоемких изделий // Деловая слава России: меж отраслевой альб. М. 2013. вып.4 (42). С. 10-12.

3. Горчица Г. И., Ищук В. А. Проблемы применения и направления развития систем моделирования в интересах сопровождения создания перспективных изделий//Известия РАН. № 4 (104) 2018. С. 15-22.

4. Пишков В. Н., Радионов В. И. Информационные технологии в шестом технологическом укладе мировой экономики//СБ. избр. Тр. VI Межд. науч.-практ. конф./Под ред. В.А. Сухомлина. М.:2011. С.771-777.=

5. Вигер Н.И. Состояние и перспективы использования высоко-полигонального прототипирования в современном судостроении//Матер. науч.-практ. конф. «Имитационное комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем.» Секция 2.СПб. 2013. С. 49-54.

6. Дьячков Ю. А., Краснов М. Н. Опыт построения и использования в образовательном процессе информационной среды обучения//Тематический сборник «РТиАТО ВС РФ». ГРАУМОРФ. 2018. С. 79-82.

7. Келми К. Неизбежно. 12 технологических трендов, которые изменяют мир (интерактивность). М.: «Манн, Иванов и Фербер». 2017. 343 с.

8. Пишков В. Н. Шестой технологический уклад России // Научно-производ. журнал. «Нанотехнологии Экология Производство», январь 2011. С. 44-47.

9. Клименко В. В. Актуальные информационные технологии: визуализация информации, виртуальное окружение неография, осязаемые изображения. МФТУ. 2014. 274 с.

УДК 338.4

**ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В  
ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ  
APPROACHES TO ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE IN-  
TRODUCTION OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES IN  
INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS**

**Шрейбер Андрей Константинович \* \*\*\*,  
Опарина Людмила Анатольевна \*\* \*\*\*, Карасев Иван Сергеевич \*\*  
Schreiber Andrey Konstantinovich \*, \*\*\*,  
Oparina Lyudmila Anatolyevna \*\*, \*\*\*, Karasev Ivan Sergeevich \*\***

*\* Национальный исследовательский московский государственный строительный университет, Россия, Москва*

*\* National research Moscow state University of civil engineering, Russia, Moscow  
(e-mail: 1337477@mail.ru)*

*\*\* Ивановский государственный политехнический университет Россия, Иваново*

*\*\* Ivanovo State Polytechnic University, Russia, Ivanovo  
(e-mail: L.A.Oparina@gmail.com)*

*\*\*\* Российская инженерная академия*

*\*\*\* Russian Academy of Engineering*

*Аннотация:* Рассмотрены подходы оценки эффективности внедрения технологий информационного моделирования в инвестиционно-строительные проекты. Отмечено, что внедрение BIM-технологий влияет на эффективность инвестиций. С одной

стороны, появляются дополнительные затраты на приобретение программного обеспечения, обучение персонала, организацию проектирования. С другой стороны, снижаются затраты на устранение ошибок, возникающих из-за коллизий и выявляемых в процессе строительства, а также затраты, связанные с превышением сроков строительства из-за ошибок. Тема разработки подходов к оценке эффективности внедрения технологий информационного моделирования является актуальной. В данной статье авторы приводят некоторые из них.

*Abstract:* Article about approaches to evaluating the effectiveness of implementing information modeling technologies in investment and construction projects. Implementation of BIM technologies affects investment efficiency. On the one hand, there are additional costs for purchasing software, training personnel, and organizing design. On the other hand, it reduces the cost of fixing errors that occur due to collisions and are detected during construction, as well as the costs associated with exceeding the construction time due to errors. The topic of developing approaches to evaluating the effectiveness of implementing information modeling technologies is relevant. In this article, the authors cite some of them.

*Ключевые слова:* информационное моделирование, BIM, экономическая эффективность, инвестиционно-строительные проекты

*Keywords:* information modeling, BIM, economic efficiency, investment and construction projects

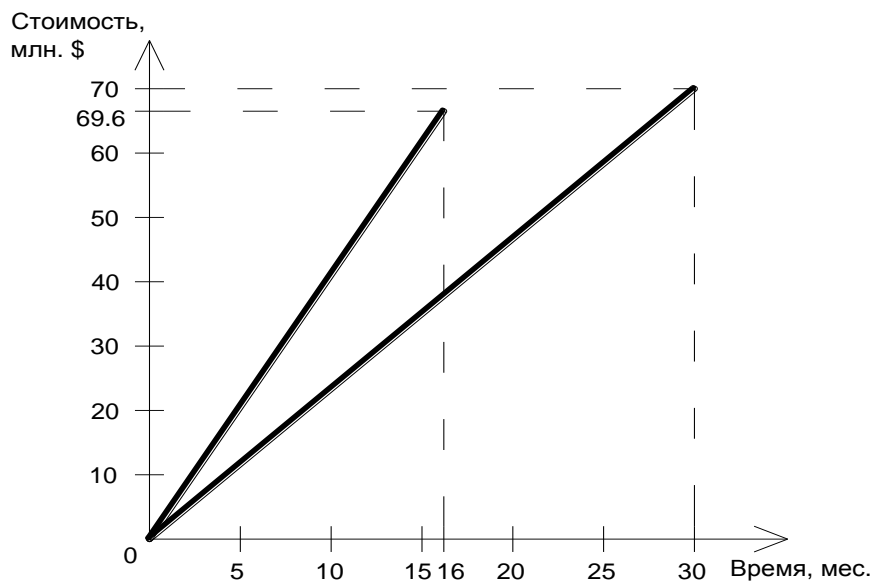
Ценообразование является одним из факторов эффективности инвестиционно-строительного бизнеса. Внедрение цифровизации повышает стоимость проектирования, но должно обуславливать экономию, вызванную сокращением сроков проектирования за счёт автоматизации процессов, а также сокращения сроков строительства. Важным и актуальным вопросом остаётся вопрос оценки эффективности внедрения BIM (Building Information Model – технологий информационного моделирования) в организацию проектирования, строительства и реконструкции зданий, строений, сооружений.

Переход к BIM – это не переход на новое программное обеспечение. Это даже не переход к какому-то новому типу проектирования – это принципиально другая организационно-экономическая модель инвестиционно-строительного комплекса. Применение технологий информационного моделирования (BIM-технологий) является в настоящее время неотъемлемой частью проектирования, строительства и эксплуатации зданий. В BIM-модель здания входят не только характеристики материалов, изделий, конструкций и процессов организации строительства, но и информация по закупкам, поставкам и срокам будущих ремонтов здания и инженерных систем [1].

Использование BIM-технологий способствует повышению экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов, в том числе:

- увеличение показателей чистого дисконтированного дохода (NPV) до 25%;
- рост индекса рентабельности (PI) до 14-15%;
- увеличение показателя внутренней нормы доходности (IRR) до 20%;
- сокращение периода окупаемости инвестиционно-строительного проекта до 17%;
- снижение себестоимости проекта, связанной со снижением затрат на стадии строительства до 30% [2].

Эффект от применения информационного моделирования показан также в работе [3]. Организационное применение BIM (модель была создана для отработки взаимодействия субподрядчиков и оптимизации графика работ) сократило срок строительства на 14 месяцев и привело к экономии примерно 400 тысяч долларов при сметной стоимости объекта в 70 миллионов долларов (рисунок 1).



**Рисунок 1. Экономия ресурсов при применении BIM**

Актуальным вопросом остаётся поиск критериев оценки экономической эффективности внедрения технологий информационного моделирования. В настоящее время Правительством РФ разработан и принят «План мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства» №2468п-П9 от 11 апреля 2017 г., который содержит перечень мероприятий по изменению нормативно-правовых актов в части оценки эффективности инвестиций в строительство с учётом предельной стоимости строительства объекта и расходов на его эксплуатацию, затрат на снос, а также вариантов размещения. Согласно данному документу, внедрение BIM-технологий в процессы проектирования, строительства и реконструкции зданий, строений, сооружений должно обеспечивать сокращение сроков проектирования, повышение автоматизации проектирования, в том числе автоматизированного выбора проектных решений, строительных материалов, изделий, конструкций, возможность управления эксплуатацией объектов капитального строительства с учётом предельных расходов на эксплуатацию, возможность моделирования обоснования инвестиций с учётом расходов на проектирование, строительство, эксплуатацию и снос объектов капитального строительства. Однако чётких и понятных критериев эффективности внедрения BIM-технологий в процессы проектирования, строительства и реконструкции объектов не разработано.

В общем виде экономический эффект заказчика инвестиционно-строительного проекта может быть выражен формулой:

$$\Pi = B - (Z_{\text{п}} + Z_{\text{с}}),$$

где:  $\Pi$  – прибыль заказчика;  $B$  – выручка от реализации объекта строительства;  $Z_{\text{п}}$  – затраты на проектирование,  $Z_{\text{с}}$  – затраты на выполнение строительно-монтажных работ.

К оценке экономической эффективности внедрения информационного моделирования необходимо подойти более тщательно. Универсальным является стандартный подход на основе расчёта чистого дисконтированного дохода – это накопленный дисконтированный эффект за расчётный период [4]. Авторы считают такой подход обоснованным при оценке коммерческой эффективности проектной организации. В целом

для оценки эффективности внедрения BIM на все стадии инвестиционного проекта необходимо учитывать гораздо большее количества факторов, в том числе фактора экономии времени и потребности в дополнительных ресурсах на внедрение информационного моделирования (человеческих, финансовых, материальных, информационных).

Системно данный подход изложен в трудах В.И. Малахова в методологии BIM-costing, согласно которой для стоимостного расчета проекта организации строительства (и соответственно – всех будущих проектов производства работ) требуется не просто базовый проект объекта недвижимости, а целый пакет разнородных проектов. Только при наличии таких исходных проектов можно делать ПОС и, соответственно, получить его стоимостную оценку. Здесь вовлекается еще больший набор BIM-программ, которое необходимо объединять на единой платформе. При этом, такие платформы должны активно реагировать на изменение цены в каждой из составляющих программ.

Эффективная работа со стоимостью проекта позволяет формировать специальные модули в единой BIM-платформе, отвечающей за интеграцию ценовых данных каждого элемента проектирования, за работу с внешними базами ценовых данных, за мониторинг цен и стоимости ресурсов в перспективе, за стоимость логистики ресурсов и оптимизации вариантов логистических проектов [5].

В заключение статьи следует отметить, что необходимо развивать существующие подходы к определению эффективности внедрения технологий информационного моделирования, учитывая стоимостную оценку дополнительных затрат, возникающих в процессе организации и проведения строительно-монтажных работ с использованием BIM.

#### **Список литературы**

1. *Опарина Л.А.* Современные методы и программы моделирования процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы Семнадцатого всероссийского симпозиума. М.: ЦЭМИ РАН. 2016. С. 153-155.
2. Оценка применения BIM-технологий в строительстве: отчет о результатах исследования эффективности применения в инвестиционно-строительных проектах российских компаний. Москва. 2016. 47 с.
3. *Исаев Г.Н.* Моделирование информационных ресурсов: теория и решение задач: Учебное пособие / Г.Н. Исаев. - М.: Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М. 2013. - 224 с.
4. *Козлов И.М.* Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // Архитектура и современные информационные технологии. 1. 2020. С. 1-10.
5. *Малахов В.И.* Стоимостное моделирование инвестиционно-строительных проектов. Москва. 2018г. 80 с.



**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
**METHODS FOR SOLVING MULTI-CRITERIAL OPTIMIZATION PROBLEMS IN THE TEXTILE INDUSTRY**

**Королева Наталия Алексеевна, Полякова Татьяна Ивановна**  
**Koroleva Nataliya Alekseevna, Polyakova Tatyana Ivanovna**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина*  
*(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва*  
*The Kosygin State University of Russia, Moscow*  
(e-mail: koroleva-na@rguk.ru, polyakova-ti@rguk.ru)

*Аннотация:* Рассмотрены методы многокритериальной оптимизации и возможность их применения в текстильной промышленности.

*Abstract:* Methods of multi-criteria optimization and the possibility of their application in the textile industry are considered.

*Ключевые слова:* многокритериальная оптимизация, методы, текстильная промышленность.

*Keywords:* multi-criteria optimization, methods, textile industry.

В текстильной промышленности большинство оптимизационных задач являются многокритериальными. Практически любой технологический процесс или агрегат оценивается рядом показателей эффективности, причем значения одних показателей должны быть максимальны, а других – минимальны. Например, кольцевая прядильная машина должна иметь высокую производительность, минимальную обрывность пряжи, должна обеспечивать выработку пряжи максимальной прочности с минимальной неровностью по линейной плотности. При этом она должна потреблять минимум электроэнергии и занимать минимальную площадь, обладать максимальной надежностью и минимальной стоимостью. Технолог и машиностроитель при проектировании оборудования понимают, что создать машину, удовлетворяющую сразу всем требованиям, невозможно и ищут компромиссное решение, которое не обеспечивает экстремальное значение ни одному из критериев, но оказывается приемлемым по основным показателям.

Такого рода оптимизационные задачи, в которых желательно достичь экстремальных значений нескольких показателей эффективности, называют многокритериальными [1], или задачами с векторным критерием оптимальности  $F = (F_1, F_2, \dots, F_k)$ . Частные скалярные показатели эффективности  $F_1, F_2, \dots, F_k$  получают экстремальные значения при различных значениях вектора управляемых переменных  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Следовательно, не существует такого решения  $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ , определяющего значения этого вектора, при котором обеспечивалось бы одновременно экстремальное значение всех частных показателей эффективности.

Таким образом, понятие оптимального решения, используемое в однокритериальных оптимизационных задачах, оказывается непригодным для многокритериальных задач.

Тогда при формальных методах решения многокритериальных задач используется концепция компромиссного решения, интуитивно реализуемая проектировщиками. Так как понятие компромиссного решения однозначно не определяется, то и решений получается множество, причем каждое из решений обладает определенными достоинствами. Однако окончательный выбор единственного варианта для практической реализации на формальном уровне неосуществим.

Для решения многокритериальных задач, позволяющего формализовать процедуру поиска компромиссного решения, было предложено несколько подходов, которые можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести подходы, в которых многокритериальная задача тем или иным способом преобразуется в одну или несколько однокритериальных задач. Ко второй группе относятся методы, в которых осуществляется построение множества компромиссных решений непосредственно многокритериальной задачи. В каждой из групп существуют различные подходы. Рассмотрим некоторые из них [2].

1. *Выделение главного критерия.* Частные показатели эффективности, как правило, неравнозначны для технолога. Поэтому, чтобы избежать трудностей решения многокритериальной оптимизационной задачи, целесообразно попытаться выделить главный показатель эффективности, например,  $F_1$ , а для остальных показателей установить предельные границы изменения:  $F_i \geq F_{i\_np}$ ,  $i = 2, \dots, k$ . Это позволяет преобразовать многокритериальную задачу в однокритериальную с целевой функцией  $F_1$ , а остальные показатели включить в число ограничений задачи.

2. *Построение комплексного показателя эффективности.* Этот подход предполагает возможное объединение в одном комплексном показателе эффективности всех частных показателей и тем самым преобразование многокритериальной оптимизационной задачи в однокритериальную. Объединение критериев в комплексный показатель осуществляется с помощью формулы

$$F_c(X) = \sum_{i=1}^k c_j F_j(X), \quad (1)$$

где  $c_j$  – весовые коэффициенты, знак которых зависит от совпадения целей оптимизации частных показателей эффективности с комплексным (при совпадении целей знак положительный, при несовпадении – отрицательный).

Частные показатели эффективности  $F_j(X)$ , как правило, имеют различные единицы измерения и масштаб изменения числовых значений. Поэтому их необходимо привести к безразмерной форме перед включением в формулу (1). Для этого выбирают некоторое типичное значение каждого частного показателя эффективности, например, соответствующее базовому варианту технологического процесса  $F_{jб}$ , и подставляют в формулу (1) относительные изменения соответствующего показателя:  $\varphi_j(X) = [F_j(X) - F_{jб}] / F_{jб}$ .

В этом случае весовые коэффициенты  $c_j$  – безразмерны, поэтому удобнее выбирать такие значения весовых коэффициентов, чтобы сумма их абсолютных значений была равна единице. Тогда большим по абсолютной величине коэффициентам соответствуют более значимые, весомые частные показатели эффективности.

Иногда используется мультипликативный комплексный критерий, в котором все частные показатели объединяются в дробь, числитель которой представляет

собой произведение максимизируемых частных показателей в безразмерной форме, а знаменатель – произведение минимизируемых частных показателей, причем последние входят в комплексный показатель в степени тем более высокой, чем весомее данный частный показатель:

$$F_m(X) = \prod_{i=1}^k \varphi_j^{\alpha_j}(X). \quad (2)$$

Другой способ получения безразмерной формы показателя эффективности может быть реализован, если известны минимальное  $F_{j \min}$  и максимальное  $F_{j \max}$  значения частных показателей эффективности. В этом случае частный показатель эффективности преобразуется в безразмерную форму по формуле  $\psi_j(X) = [F_j(X) - F_{j \min}] / [F_{j \max} - F_{j \min}]$ . В этом случае комплексный показатель эффективности имеет вид  $F_c(X) = \sum_{i=1}^k c_j \psi_j(X)$ , причем предполагается, что все частные показатели должны быть либо максимизированы, либо минимизированы. Преимуществом такого способа получения безразмерной формы является нормированность диапазона изменения безразмерного частного критерия: его значения всегда лежат в пределах от нуля до единицы. Благодаря этому все частные критерии становятся соизмеримыми, а множители  $c_j$  в комплексном показателе обозначают относительный вес каждого частного показателя.

3. *Последовательная оптимизация частных показателей эффективности.* Возможно применение более гибкой процедуры, чем описанная в п. 1, если многокритериальная задача оптимизации допускает упорядочение частных показателей эффективности по степени их значимости. На первом этапе решается оптимизационная задача с важнейшим частным показателем эффективности в качестве целевой функции. При этом остальные показатели эффективности не принимаются во внимание. Если найденное оптимальное решение не является единственным, т.е. достигается на множестве  $D_{x_1}$  точек пространства управляемых переменных, то на втором этапе решается та же оптимизационная задача, но со вторым по важности частным показателем эффективности в качестве целевой функции, а область поиска ограничивается множеством  $D_{x_1}$  и ограничениями задачи. Если найденное оптимальное решение не единственное, т.е. достигается на некотором множестве  $D_{x_2}$  значений управляемых переменных, то процедура оптимизации повторяется, но с использованием третьего по важности частного показателя эффективности и поиском оптимального решения на множестве  $D_{x_2}$  и т.д.

Описанная процедура позволяет последовательно учесть все частные показатели эффективности по степени их значимости, но при условии, что на каждом этапе достигается не единственное, а множество оптимальных решений. В тех случаях, когда на некотором этапе процедуры существует единственное решение, выполнение дальнейших этапов оптимизации оказывается невозможным, и использовать для поиска оптимального решения все частные показатели эффективности не удастся.

Усовершенствованной процедурой оптимизации, позволяющей в какой-то степени исключить указанный недостаток, является *метод последовательных уступок*. В этом методе на первом этапе решается оптимизационная задача с первым важнейшим частным показателем эффективности в качестве целевой функции, на втором – аналогичная задача со вторым по важности частным показателем эффективности в качестве целевой функции и дополнительными ограничениями вида  $F_1(X) = F_1^* - \Delta F_1$ , где

$F_1^* = F_1(X^*)$  – экстремальное значение первого частного показателя эффективности, достигнутое на первом этапе решения, а  $\Delta F_1$  – «уступка» в значении этого показателя. На третьем этапе решается задача оптимизации с третьим по важности частным показателем эффективности в качестве целевой функции и двумя дополнительными ограничениями-уступками: по первому и второму частным критериям и т.д.

Описанная процедура позволяет учесть все частные показатели эффективности по степени их важности. Недостатком метода является необходимость назначения величины уступок по частным показателям и возможная чувствительность результата оптимизации к величинам этих уступок.

Ко второй группе методов решения многокритериальных оптимизационных задач относится подход, основанный на понятии парето-оптимальных решений, предложенный итальянским экономистом В. Парето [3].

*Парето-оптимальным решением* многокритериальной задачи называется вектор управляемых переменных  $X_p^*$ , которому отвечает набор значений частных показателей эффективности, ни один из которых нельзя улучшить, не ухудшая значения хотя бы одного из других показателей. Это решение, как правило, не единственное, а образует подмножество множества допустимых решений задачи, являющееся множеством компромиссных решений, среди которых следует выбирать наиболее подходящее для реализации. Решения, не входящие в компромиссное множество, т.е. не являющиеся парето-оптимальными, заведомо хуже, поскольку для таких решений можно найти конкурирующее решение, у которого все частные показатели эффективности будут не хуже и найдется хотя бы один показатель с лучшим значением, т.е. найдется парето-оптимальное решение [4]. Использование парето-оптимальных решений позволяет исключить из множества допустимых решений заведомо невыгодные и тем самым существенно сократить множество конкурирующих решений. Такой подход является универсальным, поскольку применим к любым оптимизационным задачам: с большим числом показателей эффективности и большим числом управляемых переменных (может быть несколько десятков); обладает гибкостью и имеет высокую адаптируемость к достигнутым результатам.

Исследование различных методов многокритериальной оптимизации показало, что они обладают определенными недостатками и преимуществами. При выборе метода решения многокритериальной оптимизационной задачи лицо, принимающее решение, должно обладать опытом, хорошо знать технологию и влияние различных параметров на свойства вырабатываемых изделий. Тогда результаты многокритериальной оптимизации позволят спроектировать технологию и получить изделия высокого качества при учете всех необходимых требованиях, предъявляемых потребителями.

#### Список литературы

1. Основы теории оптимизации: Учеб. пособие для вузов / В.Д. Ногин, И.О. Протодяконов, И.И. Евлампиев. Под ред. И.О. Протодяконова. – М.: Высш. шк., 1986. – 383 с.
2. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов / Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.
3. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / Подиновский В.В., Ногин В.Д.. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.
4. Многокритериальные задачи принятия решений: Учебное пособие / Лотов А.В., Поспелова И.И. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

**ЕВРАЗИЙСКИЙ СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ  
МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО КЛАСТЕРНОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ И  
КАЗАХСТАНА  
EURASIAN STRATEGIC ALGORITHM FOR INTERREGIONAL  
CLUSTER DEVELOPMENT OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN**

**Горбунов Пётр Иванович \*, Лизунов Владимир Васильевич \*\*  
Gorbunov Pyotr Ivanovich \*, Lizunov Vladimir Vasilyevich \*\***

*\*Омское отделение Российской инженерной академии; Россия, Омск*

*\*Omsk branch of the Russian Academy of engineering, Russia, Omsk  
(e-mail: omvis@bk.ru)*

*\*\*Лаборатория экономических исследований Омской области Института экономики  
и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской  
Академии наук, Межвузовский инновационный бизнес-инкубатор Омского  
государственного университета, Комитет по инновационной деятельности при  
Омской Торгово-промышленной палате*

*\*\*Laboratory of economic research of the Omsk region of the Institute of Economics and  
Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;  
Interuniversity innovation business incubator of Omsk state University; Committee on  
innovation activity at the Omsk chamber of Commerce and Industry, Russia, Omsk  
(e-mail: vladvasil@yandex.ru)*

*Аннотация:* Рассмотрены формы сотрудничества и предложен эффективный алгоритм межрегионального кластерного развития России и Казахстана.

*Abstract:* Forms of cooperation are considered and an effective algorithm for interregional cluster development of Russia and Kazakhstan is proposed.

*Ключевые слова:* Россия и Казахстан, межрегиональное сотрудничество, кластерное развитие, алгоритм в виде девяти «И».

*Keywords:* Russia and Kazakhstan, interregional cooperation, cluster development, algorithm in the form of nine "И".

Инженерно-научные российские общественные организации, в том числе Омской области, с удовлетворением восприняли утверждённый государственный курс на прорывное стратегическое развитие экономики России, а также её широкую евразийскую интеграцию. Но оптимальных алгоритмов по реализации данного курса пока недостаточно.

Учитывая чрезмерную бюрократизацию органов государственной власти (следствие нарастающей бессистемности из-за отсутствия эффективных стратегий развития) необходимо подключать к кластерному и стратегическому региональному проектированию представителей гражданского профессионального сообщества. Омское отделение Российской инженерной академии (РИА) уже приступило к такому виду деятельности.

На наш взгляд, эффективность стратегического алгоритма развития территории зависит от оптимальности выбора экспериментального региона, на котором может быть создан в сжатые сроки образ системно-конкурентоспособного будущего (модель) межгосударственного сотрудничества России со странами ШОС и ЕАЭС. Возникает вопрос - почему именно ШОС и ЕАЭС, а не БРИКС или другие организации? Необходимо

напомнить, что ШОС - это международная организация, которая была основана в 2001 году лидерами Китая, России, Казахстана, Таджикистана и Узбекистана, а в 2017 г. в неё вошли Индия и Пакистан. В результате территория ШОС составила 60% всей площади Евразии, а численность населения равна 3 млрд. 40 млн. человек. Экономика КНР является одной из двух ведущих экономик мира. ШОС не является военным блоком (как, например НАТО), а её главная задача - развитие научно-экономического сотрудничества.

Что касается ЕАЭС, то в её состав входят Армения, Беларусь, Казахстан, Киргизия и Россия. При этом между Россией и Беларусью подписан Договор по созданию Союзного государства (СГ). То, что за 20 лет не было создано СГ лишний раз подчёркивает наличие проблем, в том числе, связанных с отсутствием указанной Стратегии кластерного развития и соответствующего, утверждённого на законодательном уровне, евразийского алгоритма.

В тоже время, взаимодействуя до 2012 года с руководством Постоянного комитета Союзного государства (П.П. Бородин, А.В. Степанов), наши организации предлагали создать на границе Омской области и Казахстана Центральный мультимодальный транспортно-торговый узел (кластер) будущего Союзного государства Казахстана, Беларуси и России.

Данное предложение планировалось включить в Концепцию комплексной программы СГ «Строительство высокотехнологической евроазиатской транспортной системы на период 2009-2020 годы», стимулирующей развитие не только «транзитной» межрегиональной и кластерной экономики нового типа в указанных странах, но и на всём континенте.

Создание такого узла (кластера) с участием российских, белорусских и казахстанских инженерно-экономических организаций на территории Омской области и приграничных с ней территорий Казахстана должно было наглядно показать пример взаимовыгодного совместного сотрудничества на экспериментальной территории (общего большого дела), которое можно было бы масштабировать до размеров всего СГ и ШОС.

Кластерный эксперимент предполагалось реализовывать с учётом наработок Президента РФ В.В. Путина по национальной идее «Конкурентоспособность во всём!», которая отражает базовые принципы межрегиональной и межгосударственной политики.

На мероприятиях XVI Форума межрегионального развития с участием глав государств РФ и РК Омское отделение РИА совместно с представителями казахстанской стороны внесло в неё дополнение в следующей межнациональной редакции «Конкурентоспособность во всём - основа развития и независимости!». Оно предполагает долгосрочное взаимовыгодное развитие всех стран создаваемого Союзного государства без нарушения их суверенитета, что привлекательно и для множества других стран.

Такая межнациональная идея заложена в Концепцию создания Свободной инженерно-экономической зоны (СИЭЗ) для стран ШОС на примере РФ и РК, деятельность резидентов которой распространяется на регионы Западной Сибири, а также регионов стран ШОС и ЕАЭС расположенных на территории Центральной Азии. Концепция СИЭЗ ШОС была поддержана на I Форуме молодых лидеров стран ШОС, прошедшем в г. Омске в 2016 году, в ней также изложен евразийский стратегический алгоритм («дорожная карта») в виде девяти - «И», способствующий межрегиональному кластерному развитию России и Казахстана.

Общеизвестен алгоритм «четырёх «И», используемый экс - Президентом РФ А.Д. Медведевым при разработке и реализации «Стратегии инновационного развития России до 2020 года». Отсутствие прорывных результатов использования этого алго-

ритма видны, в том числе, по неудачной реализации проекта Инвестфонда РФ «Урал промышленный - Урал полярный», да и всей государственной стратегии в целом. На наш взгляд, проблема состоит в её неполноте - отсутствии дополнительных «пяти «И»: Идеологии, Инженеров, Интеллекта (науки), Интеграции и Индустриализации, а также оптимальной дорожной карты по содержанию и реализации всего алгоритма.

Считаем целесообразным проинформировать о данном предложении Заместителя Председателя Совета безопасности РФ Д.А. Медведева, а также казахстанскую сторону на уровне руководства регионов, Правительства и Президента РК (рисунок №1).



**Рис. 1. Евразийский стратегический алгоритм межрегионального кластерного развития России и Казахстана в виде девяти «И» на экспериментальных территориях РФ и РК - Омской и Павлодарской областей**

**Примечания:**

**БЛОКИ СО ЗНАКОМ\*** - направления стратегии инновационного развития России, предложенные Д.А. Медведевым. **БЛОКИ СО ЗНАКОМ \*\***- необходимые блоки для реализации стратегии кластерного развития РФ и РК.

**ИДЕОЛОГИЯ\*\*.** Поэтапное формирование и реализация стратегий развития экспериментальных территорий города Омска, Омской области и Казахстана с учётом согласованной межнациональной идеи, подготовленной в рамках XVI Форума РФ и РК.

Ключевым моментом раздела «Идеология» является историческая преемственность по использованию лучших практик казахстанской и российско-советской государственности, включая период подготовки и реализации системно-конкурентоспособной программы советской индустриализации 1928 -1941 годов, позволившей единому народу победить в Великой отечественной войне 1941 - 1945 годов и создать рывок в экономике 1945 - 1953 гг.

**ИНЖЕНЕРЫ\*\*.** Определение инженерно-созидательного сообщества (технологи, конструкторы, проектировщики, системотехники, изобретатели и т.д.) основной движущей силой по реализации утверждённой идеологии развития РФ и РК, а в перспективе - всех стран ШОС и ЕАЭС. Ключевым моментом раздела «Инженеры» является инженерный (конструктивный, изобретательский, инновационный) системный подход к реализации базовых принципов кластерной региональной политики РФ и РК.

**ИНТЕЛЛЕКТ\*\*.** Активное использование и усиление подразделений Российской и Международной инженерных академий (РИА и МИА) представителями интеллектуальной и научной элиты, способной к разработке и реализации проектов прорывного системного развития на территориях экспериментальной Омской и Павлодарской областей, а затем – на других территориях России и Казахстана. Ключевым моментом

раздела «Интеллект» является привлечение к проектной деятельности в РИА и МИА по вопросам создания СИЭЗ РФ-РК различных специалистов-профессионалов, обладающих кластерным мышлением.

**ИНТЕГРАЦИЯ\*\*.** Формирование, при активном участии государственных структур, устойчивых всесторонних международных связей между представителями местной инженерно-интеллектуальной элиты (включая ОмО РИА) и лидерами мирового бизнеса, в том числе, из городов-побратимов города Омска. Ключевым моментом раздела «Интеграция» является привлечение к проектной деятельности в РИА и МИА по вопросам СИЭЗ РФ и РК различных специалистов из стран, желающих сотрудничать на взаимовыгодных принципах и обладающих передовыми технологиями.

**ИНСТИТУТЫ\*.** Создание (с поддержкой из средств федерального и регионального бюджетов интеллектуальных, социально значимых проектов) научно-исследовательских, конструкторско-технологических, проектно-стратегических центров с участием зарубежных высокотехнологичных партнёров. Использование для этих целей федеральных и международных программ развития предпринимательства, включая создание международных бизнес - инкубаторов. Ключевыми моментами раздела «Институты» является решение Форума молодых лидеров стран ШОС, прошедшего в городе Омске в 2016 году, по созданию в Омской области Международного инженерно-экономического бизнес - инкубатора для стран ШОС в качестве начального этапа реализации Концепции СИЭЗ ШОС, а также наработки Концепции «Бизнес-инкубатор «Омский Локомотив-М». Они получили поддержку Совета Федерации ФС РФ, ГД ФС РФ и МЭРТ РФ с учётом перспектив создания большого количества предпринимательских рабочих мест в реальном секторе экономики.

**ИНФРАСТРУКТУРА\*.** Создание опытно-производственной инфраструктуры внедренческого типа, включая модернизацию старых производственных площадок и строительство новых инфраструктурных объектов на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ и РК, в том числе, в рамках Национальных проектов. Ключевым моментом раздела «Инфраструктура» является использование наработок по Концепции «Промышленно-инновационный парк «Омский Локомотив – М», разработанной с участием специалистов Российского агентства по управлению особыми экономическими зонами (РосОЭЗ) в период руководства им М.В. Мишустиним. Специалистами РосОЭЗ и РИА был впервые предложен эффективный механизм развития международного технологического предпринимательства на реновируемой инфраструктуре промышленных предприятий ОПК.

**ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ\*\*.** Формирование конкурентоспособных производств на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ и РК с перспективой масштабирования данного процесса в других регионах РФ и РК, а также в странах ЕАЭС и ШОС. Постановка их на налоговый учет по месту расположения Институтов и Инфраструктуры, с целью эффективного формирования местных бюджетов, создания большого количества рабочих мест с достойной зарплатой, что обеспечит необходимый уровень покупательной способности населения. Ключевым моментом раздела «Индустриализация» является использование наработок по Межрегиональной программе «Сибирское машиностроение», включённой в своё время в Стратегию развития Сибири в соответствии с решениями МА «Сибирское соглашение» и Съездов инженеров Сибири.

**ИНВЕСТИЦИИ\*.** Формирование эффективной инвестиционной политики РФ и РК по результатам успешного создания конкурентоспособных производственных предприятий кластерного типа на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ-РК. Высокий уровень конкурентоспособности предполагает соответствующий уровень доходности, а значит, потенциальной инвестиционности, как самих индустриальных предприятий, так и необходимого для их устойчивого развития социального комплекса. Кроме этого,



Свободная инженерно-экономическая зона РФ-РК кластерного типа, обладающая финансовыми гарантиями двух государств, является эффективным механизмом и фактором привлечения стратегических инвестиций в крупные инфраструктурные проекты РИА и МИА, аналогичными по своему экономическому эффекту ЭП НШП.

Ключевыми участниками раздела «Инвестиции» являются Ассоциация «Финансово-Бизнес Ассоциация ЕвроАзиатского Сотрудничества» (ФБА ЕАС) и СПбГПУ им. Петра Великого - стратегические инвестиционные и технологические партнёры РИА, МИА и ОмО РИА, с которыми подписаны соответствующие соглашения о сотрудничестве.

**ИННОВАЦИИ\***. Формирование инновационной политики РФ и РК по результатам успешного создания инвестиционного международного кластера на экспериментальных территориях СИЭЗ РФ-РК. Наличие такого кластера предполагает создание в столице РК Нур-Султане Международного инкубатора цифровых инженерно-инновационных кластеров по аналогии с Парижским инкубатором инновационных технологических стартапов.

Франция и Китай активно привлекают стартапы из других стран, участвуя своими бюджетными средствами в финансировании инновационных разработок. Ключевыми участниками раздела «Инновации» является Евразийская экономическая комиссия в лице специалистов по интеграции, макроэкономике, праву и финансовой политике, а также французской компании ФИНЕНТРЕП ([www.finentrep.fr](http://www.finentrep.fr)) из Парижа.

В завершении статьи необходимо отметить, что предлагаемый Евразийский стратегический алгоритм межрегионального кластерного развития РФ и РК будет способствовать также реализации крупных цифровых инфраструктурных проектов на арктическом шельфе с широким использованием экологических универсальных машин и воздушно-транспортных средств, цифровой и электронной техники, строительных и композитных материалов нового поколения. Он является инструментом для сопряжения с резидентскими проектами Концепции СИЭЗ РФ-РК, программами Союзного государства, а также актуализированным евразийским мегапроектом «73-й Меридиан». Указанные проекты дорабатываются в настоящее время группой омских, новосибирских, санкт-петербургских и московских специалистов.

Омская и Павлодарская области по результатам данного процесса должны превратиться в мощный Научно-инженерный образовательно-производственный центр мирового уровня, использующий для этой цели весь модернизированный ресурсный потенциал омских и казахстанских вузов, научно-проектных и промышленных организаций.

### Список литературы

1. Горбунов П.И., Лизунов В.В. Стратегические аспекты региональной транспортной политики и создания омского мультимодального транспортного узла // Формирование транспортно-логистической инфраструктуры региона: Мат-лы межрегион. конф-ции (20 декабря 2006 г.) // Под ред. С.М. Мочалина, Л.И. Рыженко. Омск: МИНСП, 2007. С. 12-17.

2. Горбунов П.И., Лизунов В.В. Роль инфраструктуры и транспортно-дорожного комплекса в развитии Омского региона // III Манякинские чтения: «Зеленая экономика» - риски, выгоды и перспективы с точки зрения устойчивого развития»: Мат-лы междунар. научно-практич. конф-ции (4 апреля 2014 года). – Омск: ОИ РГТЭУ, 2014. С.12-22.

3. Крупнов Ю.В. Омск должен стать драйвером новой индустриализации // URL - <http://www.proektnoegosudarstvo.ru/news/0211/>

4. Лизунов В.В. О транспортном каркасе Сибири и евразийском мегапроекте "73 Меридиан" // Геополитические риски современной мировой экономики: Мат-лы науч-

но-практич. конф-ции / под науч. ред. Р.И Хазбулатова, С.В. Ивановой. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2015. С 196-200.

5. Соколов В.Г., Горбунов П.И., Лизунов В.В. Масштабное строительство транспортной инновационной инфраструктуры как механизм реализации Стратегии развития Сибири // Наука и образование в диалоге российской и корейской культур. Мат-лы научно-практич. конф-ции / отв. ред. Л. Сон. Омск: Полиграф. центр КАН, 2011. С. 192-200.

6. Арктический порт Сабетта // URL - <http://sabettaport.ru/>

УДК 69.01

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМУЕМОГО  
ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНОГО УТЕПЛИТЕЛЯ ДЛЯ РЕМОНТА  
КРОВЕЛЬ  
EFFECTIVE TECHNOLOGIES OF MOLDED POLYMER COMPOSITE IN  
SULATION FOR ROOF REPAIR**

**Нагрузова Любовь Петровна \*\*\*, Эклер Наталия Александровна \***  
**Nagruzova Lyubov Petrovna \*\*\*, Ekler Natalia Alexandrovna \***

*\*Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, Россия*

*\*Katanov Khakas State University, Abakan, Russia*

*(e-mail: L\_nag@bk.ru)*

*\*\*Хакасское региональное отделение Российской инженерной академии*

*(e-mail: L\_nag@bk.ru; ekler\_na@khsu.ru)*

*Аннотация:* Проведён анализ обследованной кровли с предложенным конструктивно-технологическим решением. По результатам анализа: эксплуатационных, технологических, конструктивных предложен полимеркомпозитный утеплитель плотностью 190кг/м<sup>3</sup> для ремонта кровли АО «Русал». Оптимизированы составы полимеркомпозитного утеплителя, изучены физико-механические свойства разработана технология применения утеплителя методом монолитной укладки на кровле

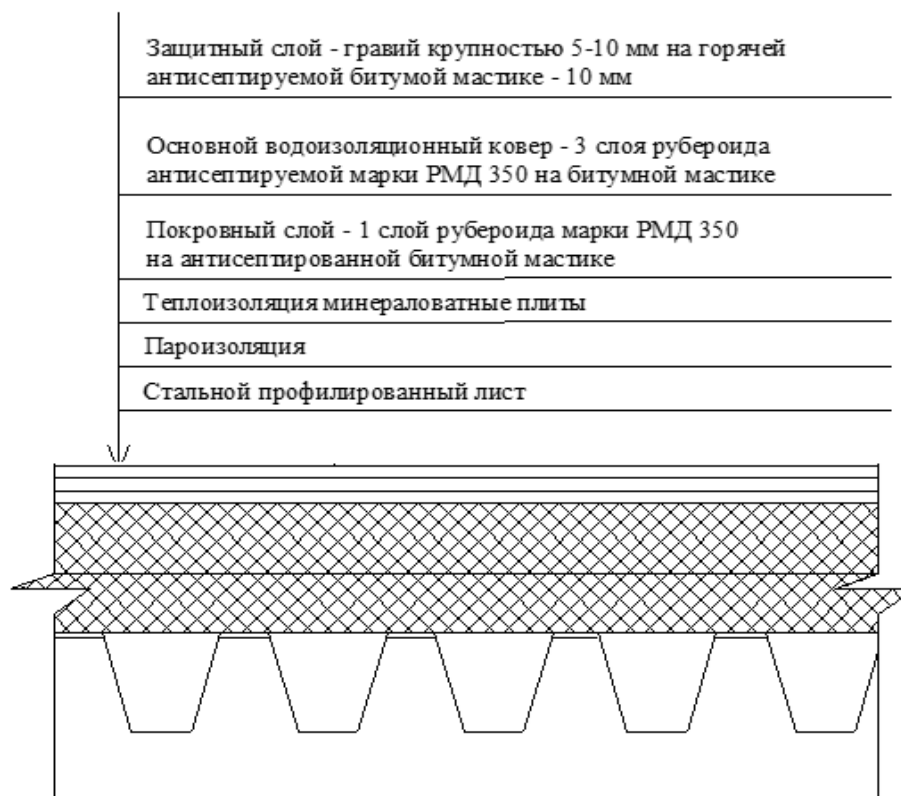
*Abstract:* The analysis of the surveyed roof with the proposed structural and technological solution is carried out. Based on the results of the analysis: operational, technological, and structural, a polymer composite insulation with a density of 190kg/m<sup>3</sup> (As USSR 1616876) was proposed for repairing the roof of JSC RUSAL. The compositions of polymer composite insulation were optimized, and the technology of using insulation by the method of monolithic laying on the roof was developed.

*Ключевые слова:* обследование кровли; полимеркомпозит; ремонт кровли; технология; физико-механические свойства; эксплуатационные свойства.

*Keywords:* roof inspection; polymer composite; roof repair; technology; physical and mechanical properties; operational properties.

Саянский алюминиевый завод, как большая часть промышленных предприятий, имеющих в нашей стране, были построены в 70-е годы. Предприятия активно эксплуатировались, ремонты не проводились. Кровля для таких предприятий, как правило, представляла конструктивное решение: стальной профилированный лист, пароизоляция, теплоизоляция (2 слоя минераловатной плиты на синтетической основе), основной

водоизоляционный ковер (3 слоя рубероида), защитный слой (гравий крупностью 5–10 мм на горячей антисептированной битумной мастике)(рис.1). Широкое применение нашли минераловатные плиты на синтетическом связующем, которые по истечении 7-8 лет эксплуатации теряют свои теплоизоляционные свойства. Применение таких утеплителей связано со значительными трудностями из-за токсичности минераловатных плит и низкого качества при их изготовлении и монтаже [1].



**Рис1. Конструктивное решение кровли**

Обследование кровли показало ряд дефектов: отсутствие уклонов кровли к воронкам; утеплитель после атмосферных осадков влажный, потерял свои теплоизоляционные свойства. В этой связи требуется новый утеплитель, который сможет устранить перечисленные дефекты [2].

Проведённый анализ показал, что наиболее эффективными утеплителями для ремонта лёгких кровель являются минераловатные или пенополистирольные (полимеркомпозитные). Сравнительная оценка характеристик этих двух утеплителей (в условных единицах) показала, что стоимость минеральной плиты составляет 1,15 и более; теплопроводность менее 0,75; стойкость при поперечном изгибе менее 0,8; звукопоглощение менее 0,67; огнестойкость выше 4,5; монтаж минераловатной плиты при влажной погоде запрещён, а у полимеркомпозита ограничений нет [3].

Сравнение утеплителей показало, что применение полимеркомпозитного утеплителя более эффективнее запроектированного утеплителя из минераловатной плиты по комплексу физико-механических, технологических, эксплуатационных характеристик и по стоимости.

Основные нормативные требования к лёгким ограждающим конструкциям: плотность не более  $200 \text{ кг/м}^3$ ; коэффициент теплопроводности не более  $0,08 \text{ Вт/с}^\circ\text{C}$ ; водопоглощение по объёму не более 10%; предел прочности при растяжении и сжатии не менее  $1,5 \text{ Па} \cdot 10^5$ ; модуль упругости  $400 \text{ Па} \cdot 10^5$ ; горючесть Г1.

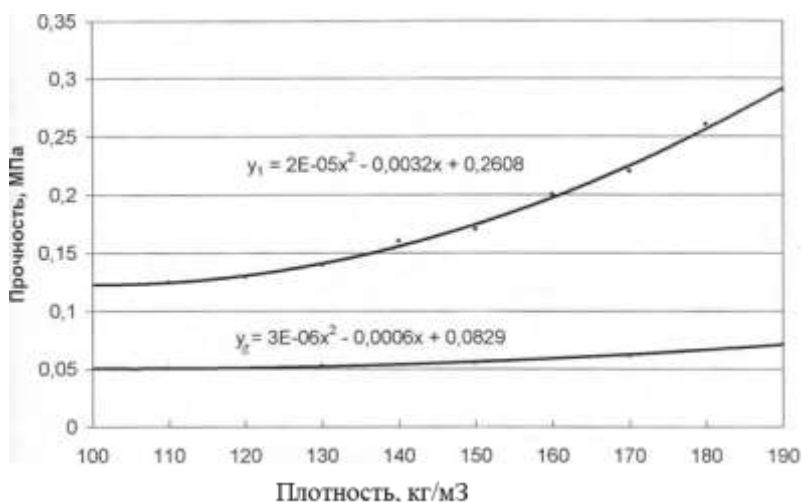
При проведении исследования установлено, что путем снижения расхода цемента при плотности композита менее  $250 \text{ кг/м}^3$  не удастся сохранить непрерывность его пленочно-ячеистой структуры, обеспечить целостность материала. Для полимеркомпозитного утеплителя характерно наличие многочисленных дефектов в виде воздушных включений.

В основу подбора состава заложен способ уменьшения плотности растворной части композита за счет снижения расхода вяжущего (цемента), введение поверхностно-активных веществ (таблица 1). [4].

**Таблица 1. Расход материалов полимеркомпозита плотностью  $190 \text{ кг/м}^3$ .**

Наименование компонентов	Расход компонентов на 10 л полистиролцементной композиции					
	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5	Состав 6
Пенополистерол, грамм	300	300	300	300	300	300
Цемент, грамм	200	150	150	200	150	150
Метилцеллюлоза* (в жидком виде),мл	500	500	750	100	100	100
Жидкое стекло**, мл	250	-	-	-	-	125
Вода, мл	750	625	450	250	125	250
*на 300 грамм метилцеллюлозы 8 литров воды						
**плотность 1,36-1,4						

Определены физико-механические свойства полимеркомпозита, прочность при сжатии и растяжении, которая составляет 2,8 МПа и 0,75 МПа соответственно (рис. 2).



**Рис.2. Корреляционная зависимость прочности утеплителя из полимеркомпозита от плотности: 1 – при сжатии, 2 – при растяжении**

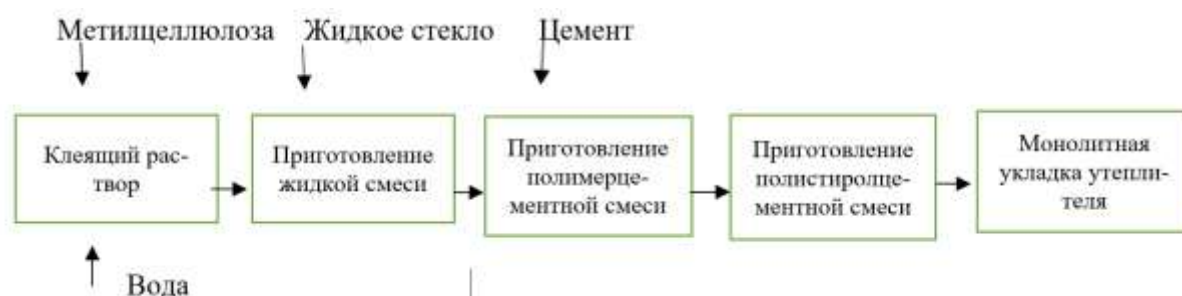
Определены эксплуатационные характеристики полимеркомпозита, коэффициент влаго- и водопоглощения. Установление горючести было выполнено по методу «Керамическая труба» и методу «Шахтная печь»– Г1.

Полимеркомпозитный утеплитель рекомендуется для производства и применения в промышленном, жилищном и гражданском строительстве в качестве утеплителя для стен и кровли без каких-либо ограничений.

В НИИ стройфизики проведено определение коэффициента теплопроводности полимеркомпозита, который составил  $0,062 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$ .

В результате исследования для ремонта кровли оптимизированы 6 составов утеплителя (см. таблица 1) рекомендован состав №4 плотностью  $190 \text{ кг/м}^3$ , как наиболее эффективный.

Технология изготовления полимеркомпозита для ремонта кровель проста, напоминает технологию лёгкого бетона. При изготовлении в построечных условиях исходные материалы подаются на кровлю, на высоту 33м, бетономешалки устанавливаются также на кровле. Сначала готовят раствор, в бак бетономешалки заливается вода и предварительно разведенная метилцеллюлоза, добавляют цемент и вспененные гранулы полистирола предварительно вспененные(рис.3).



**Рис. 3. Технологическая схема производства полимеркомпозита при ремонте кровли**

Контроль качества полимеркомпозита проверяется путем пооперационного контроля всех производственных процессов и приемочного контроля; пооперационный и приемочный контроль качества включает испытание исходных материалов, контроль установленной технологии производства и работы технологического оборудования; в каждую смену определяется плотность рабочей смеси и изготавливается по 9 образцов размером  $10 \times 10 \times 10$  см. Образцы после сухой термообработки испытываются с целью определения прочности при сжатии.

В заключение статьи следует отметить, что оптимизированный состав полимеркомпозитного утеплителя [4] не подвержен гниению, экологически чист, является экономичным (в 4-5 раз дешевле полиуретановых, в 2-3 раза дешевле фенолформальдегидных). Прочность утеплителя достаточна при эксплуатации, долговечен (из опыта строительства с 1985 года). Утеплитель формуем, что позволяет его широко применять при утеплении любых уклонов, форм, как покрытий, так и ограждающих конструкций (кирпичная кладка, разуклонка покрытия, формование в полости легких ограждающих конструкций), а так же при реконструкции и ремонте кровель, наружных стен.

#### Список литературы

1. *Киселев И. Я.* Влияние теплопроводности и сорбционных характеристик материалов в ограждающих конструкциях зданий на повышение их теплозащитных свойств. Автореф. дис. докт. техн. наук. М.: Науч.-исслед. ин-т строит. физики, 2003. 36с.
2. *Нагрузова Л. П.* Проектирование и производство полистиролцементного энергоэффективного материала в строительстве / Абакан: Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2013. 112 с.
3. *Нагрузова Л. П.* Разработка, исследование и внедрение полистиролцементного утеплителя плотностями  $110-220 \text{ кг/м}^3$  в производстве жилищного строительства / Руководство по научно-исследовательской работе. Абакан, 2006. 105с
4. *Нагрузова Л. П.* Полистиролцементная композиция плотностью  $190 \text{ кг/м}^3$ . А.с. №161876 // Б.И. 1990.

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД ПО СОЗДАНИЮ КОРМОВОЙ  
ДОБАВКИ «ЭНЕРГОСОРБ»  
INNOVATIVE APPROACH TO CREATION OF FEED ADDITIVE  
"ENERGOSORB"**

**Фирсов Олег Петрович<sup>1,3</sup>, Загашвили Юрий Владимирович<sup>2</sup>,  
Бородако Евгений Николаевич<sup>1,3</sup>, Скарлыгин Максим Николаевич<sup>1,3</sup>,  
Ефремов Василий Николаевич<sup>4</sup>, Голосман Евгений Зиновьевич<sup>4</sup>  
Firsov Oleg Petrovich<sup>1,3</sup>, Zagashvili Yriy Vladimirovich<sup>2</sup>,  
Borodako Evgeniy Nikolaevich<sup>1,3</sup>, Skarklgin Maksim Nikokaevich<sup>1,3</sup>,  
Efremov Vasiliy Nikokaevich<sup>4</sup>, Golosman Evgeniy Zinovievich<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ООО «СФК Агро», Россия, Смоленск

<sup>1</sup>LLC «SFK Agro», Russia, Smolensk (sfkfor@yandex.ru)

<sup>2</sup>ООО «ВТР», Россия, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>LLC «VTR», Russia, Saint-Petersburg (y.zagashvili@yandex.ru)

<sup>3</sup>ООО «СФК Удобрение», Россия, Челябинск

<sup>3</sup>LLC «SFK Fertilizer» Russia, Chelyabinsk

<sup>4</sup>ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР», Россия, Новомосковск

<sup>4</sup>LLC «NIAP-KATALIZATOR», Russia, Novomoskovsk (evgolosman@yandex.ru)

*Аннотация:* Показаны преимущества разработанной технологии производства энергетической кормовой добавки «Энергосорб», заключающиеся в непрерывном и безотходном процессе, позволяющем получать кормовую добавку различного состава. Организовано опытно-промышленное производство. Проведены масштабные испытания в различных сельхозпредприятиях и НИИ. Предложены расходные нормы внесения добавки «Энергосорб» в корма. Установлена эффективность, достигаемая при совместном применении кормовой добавки с различными кормами.

*Abstract:* The advantages of the developed technology for the production of energy feed additives «Energosorb» are shown, which consist in a continuous and waste-free process that allows obtaining feed additives of various compositions. Pilot production has been organized. Large-scale tests were carried out in various agricultural enterprises and research institutes. Proposed expense rate Supplement «Energosib» in the feed. The efficiency achieved by the combined use of a feed additive with various feeds has been established.

*Ключевые слова:* кормовая добавка, ацетат натрия, диоксид кремния, пропиленгликоль, глицерин, технология производства.

*Keywords:* feed additive, sodium acetate, silicon dioxide, propylene glycol, glycerin, production technology.

В течение нескольких лет в «СФК АГРО», «СФК Удобрение» (г. Смоленск, г. Челябинск) и «НИАП-КАТАЛИЗАТОР» (г. Новомосковск) осуществлялись работы по созданию препарата (фунгицида) для защиты растений. За основу препарата был взят полупродукт при производстве медьсодержащих катализаторов [1]. После отработки технологии, выбора оптимальных сырьевых компонентов и внесения добавок был получен препарат, получивший название «МедьАгро» [2-5].

Экологичный препарат «МедьАгро» прошел испытания в различных НИИ сельского хозяйства и уже эффективно используется в десятках областей РФ. Эта работа была отмечена Национальной экологической премией имени В.И. Вернадского.

Также проводилась разработка на основе полупродуктов при производстве медных катализаторов для лечения животных от болезней бактериального происхождения. Десятки тонн препарата, получившего название «Х-Ноoves» были поставлены для масштабных испытаний в НИИ и эксплуатации в 300 сельхозпредприятий. Было подтверждено высокое качество препарата.

Промышленный выпуск препаратов «МедьАгро» и «Х-Ноoves» организован в «СФК АГРО» (п. Верхнеднепровский, Смоленская обл.) [1, 6].

Опыт приготовления препаратов «МедьАгро» и «Х-Ноoves», а также многолетний опыт при разработке рецептуры и технологии производства промышленных катализаторов позволили в относительно короткие сроки создать новую высокоэффективную кормовую добавку, получившую название «Энергосорб».

В последние годы в России поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий по оценочным данным составило более 18 млн. голов, в том числе коров более 8 млн. голов.

В условиях промышленного животноводства особую актуальность приобретает проблема научно обоснованного выбора специальных ингредиентов и кормовых добавок при кормлении коров, обеспечивающих оптимизацию обменных процессов, повышение иммунитета и продуктивности, улучшение качества молока. Одной из важнейших задач является профилактика гепатозов и кетозов, возникающих преимущественно у высокопродуктивных коров после отёла и в зимне-весенний период из-за нарушений углеводно-жирового обмена вследствие дефицита энергии и свежих кормов.

Для оптимизации липидного и углеводного обмена при кормлении коров, свиней и птиц используют энергетические добавки, содержащие глицерин и пропиленгликоль. Добавки на основе глицерина и пропиленгликоля применяют как самостоятельно, так и в составе комплексных средств. Известны многочисленные кормовые добавки для коров [7].

В состав наиболее известных кормовых добавок для коров входят в различных сочетаниях пропиленгликоль, глицерин, пропионат кальция, ниацин, коллоидный кремнезем. Кроме того, они могут содержать пропиленгликоль, сахарозу, фруктозу, ванильный ароматизатор и др. Достаточно эффективные кормовые добавки содержат пропиленгликоль, пищевой глицерин, аморфный диоксид кремния, а также витамины и аминокислоты коров [7-10].

Недостатками известных кормовых добавок является их высокая стоимость, отсутствие важных активных компонентов, получаемых путем направленного химического синтеза, невозможность получения гомогенной структуры добавки. Серьезной проблемой, например, в технологии приготовления кормовой добавки «Ковелос-Энергия» является получение одного из ее ингредиентов марки «Ковелос-Сорб» [11], содержащего аморфный диоксид кремния, который выполняет функции носителя активных компонентов и компонента, связывающего токсины в желудочно-кишечном тракте. Аморфный диоксид кремния применяют также и в качестве отдельного самостоятельного компонента в кормовую добавку. Его получение основано на взаимодействии кремнийсодержащих оснований с серной кислотой. При таком способе производства значительные затраты связаны со стоками, получаемыми при промывке деминерализованной водой осадка диоксида кремния от сульфата натрия, образующегося в процессе синтеза и с энергозатратами на стадии сушки осадка диоксида кремния.

В настоящее время в РФ важной задачей является повышение молочной продуктивности коров. Для решения этой проблемы необходимо создать такие условия кормления и содержания животных, которые обеспечивали бы максимальную их продуктивность. Существует необходимость в более детальной разработке рационов кормле-

ния, включающих в состав наборов кормов, который бы обеспечивал животному достаточное количество энергии, питательных веществ и витаминов.

На рынке кормовых добавок в России представлена продукция порядка 100 Российских и 700 зарубежных производителей. Значительная часть по объему используемых кормовых добавок поставляется инофирмами. Производство большинства кормовых добавок основано на простом механическом смешении необходимых ингредиентов, стоимость которых определяет в конечном итоге стоимость самой кормовой добавки.

Авторами разработана технология непрерывного безотходного процесса производства энергетической кормовой добавки «Энергосорб», при которой, в том числе, вместо высокотоксичной серной кислоты используется уксусная кислота, что обеспечило безопасность производства и ликвидацию сточных вод. При этом класс опасности по ГОСТ 12.1.007-2 снижается с высоко опасного 2-го до умеренно опасного 3-го класса.

В качестве исходных компонентов при производстве кормовой добавки «Энергосорб» использовали: 1) жидкое натриевое стекло; 2) уксусную кислоту; 3) пропиленгликоль; 4) глицерин; 5) модифицированный крахмал холодного загустевания.

Достоинство способа производства состоит в том, что все необходимые для синтеза кормовой добавки «Энергосорб» компоненты непрерывно подаются в реактор синтеза, в котором происходит, в частности, химическое взаимодействие кремнийсодержащего соединения в виде стекла натриевого жидкого с уксусной кислотой по следующей необратимой реакции:



где  $m = 2,3 \div 3,0$  – силикатный модуль, зависящий от марки стекла натриевого жидкого.  
 $n = 0 \div 4$ .

В результате химического синтеза в реакторе непрерывного действия получают полуфабрикат кормовой добавки в виде коллоидной системы, состоящей из продуктов химического взаимодействия (тригидрат ацетата натрия и аморфный диоксид кремния), глицерина и пропиленгликоля. Тем самым существенно упрощается технология, исключается трудоемкая и дорогостоящая стадия промывки и фильтрации осадка, и получается однородная гомогенная структура кормовой добавки, не требующая дополнительной стадии пропитки аморфного диоксида кремния пропиленгликолем и глицерином.

Осуществление химического взаимодействия жидкого натриевого стекла с уксусной кислотой позволяет получать пищевую добавку в виде тригидрата ацетата натрия и аморфный диоксид кремния, для получения которого, как, например, в «Ковелос-Сорб» применяется серная кислота. Экономичность способа приготовления кормовой добавки «Энергосорб» обусловлена и тем, что в нем реализована технология получения ацетата натрия минуя взаимодействие гидроксида натрия с уксусной кислотой, как это осуществляется в традиционном производстве ацетата натрия.

Разработанная инновационная технология производства энергетической кормовой добавки включает следующие стадии: 1) растворение силикат глыбы в горячей воде с получением жидкого натриевого стекла; 2) непрерывное дозирование сырьевых компонентов в реактор синтеза кормовой добавки; 3) химическое взаимодействие в реакторе синтеза жидкого натриевого стекла с уксусной кислотой с образованием ацетата натрия и аморфного диоксида кремния и получением однородной гомогенной смеси ацетат натрия, аморфный диоксид кремния, пропиленгликоль и глицерин; 4) сушка.



После стадии сушки однородной гомогенной коллоидной системы получается готовая кормовая добавка в виде порошка, содержащего активные компоненты – тригидрат ацетата натрия, аморфный диоксид кремния, пропиленгликоль и глицерин.

Проведенные испытания при кормлении крупного рогатого скота показали, что разработанную кормовую добавку можно с одинаковой эффективностью применять и в виде суспензии. При таком способе ее использования исключается стадия сушки, за счет чего существенно снижается себестоимость готового продукта.

Разработанная гибкая инновационная технология позволяет производить на одном оборудовании целый ряд уникальных кормовых добавок для добавления в комбикорма сельскохозяйственных животных, например: тригидрат ацетата натрия кормовой, сорбент диоксид кремния аморфный, соосажденный тригидрат ацетата натрия на диоксиде кремния в различных соотношениях, гомогенную смесь тригидрата ацетата натрия, диоксида кремния, пропиленгликоля и глицерина в различных соотношениях. Позволяет варьировать в широком диапазоне составом и свойствами добавок.

Эффективность кормовой добавки «Энергосорб», в первую очередь, можно объяснить тем, что в качестве активного компонента она содержит такую пищевую добавку, как тригидрат ацетата натрия, который широко применяют в рационах КРС. Введение тригидрата ацетата натрия в кормовую добавку для коров способствует синтезу, образованию и секреции желчных кислот, усиливает всасывание жиров из кишечника, активизирует синтез аминокислот и плазменных белков. Наличие в кормовой добавке иона натрия стимулирует функцию печени, почек, слизистой оболочки кишечника, улучшает электролитный баланс и регулирует кислотно-щелочное равновесие организма. Эффективность использования тригидрата ацетата натрия при кормлении лактирующих коров доказана многолетней практикой и проявляется в повышении жирности молока и увеличении удоя [12]. Пропиленгликоль и глицерин выполняют роль энергетической кормовой добавки, а также используются для профилактики и лечения кетоза. Кроме того, пропиленгликоль является физиологичным источником глюкозы, необходимой для достаточной выработки молока железистой тканью вымени.

Экспериментальная проверка эффективности энергетической кормовой добавки «Энергосорб» проводилась в фермерских хозяйствах Смоленской области, Республики Мордовии и в других регионах РФ, где ее применяли для кормления коров в смеси с комбикормами.

Результаты проведенных испытаний и опытного применения кормовой добавки «Энергосорб» в агрофирмах и фермерских хозяйствах подтвердили ее высокую эффективность, проявляющуюся в увеличении жирности молока, улучшении его органолептических качеств, повышении удоя коров, улучшении их внешнего вида и настроения спустя 3-5 суток после начала применения кормовой добавки.

Масштабные испытания энергетической кормовой добавки «Энергосорб» показали, что совокупность действия веществ, входящих в ее состав, увеличивает надой в конце периода вскармливания в среднем на  $10,5 \pm 1,2\%$ , а жирность молока в конце периода вскармливания в среднем увеличилась с  $2,9\%$  до  $4,2\%$ . Первые значимые положительные результаты проявились, начиная с 5-го дня применения кормовой добавки «Энергосорб». Было отмечено, что данная кормовая добавка не требует постоянного использования в рационе кормления, действует пролонгированно. После употребления организм коровы настраивается на повышение продуктивности на весь период лактации. При использовании кормовой добавки «Энергосорб» не было отмечено побочных явлений и осложнений. Была подтверждена совместимость с лекарственными средствами и витаминами. Продукцию от животных и птиц после применения разработанной добавки можно использовать в пищевых целях без ограничений, так она не содержит генно-модифицированных продуктов, антибиотиков, гормонов.

Подтверждение высокой эффективности энергетической кормовой добавки «Энергосорб» стало основанием для выполнения проекта установки масштабного производства. Первая очередь опытно-промышленной установки по производству энергетической кормовой добавки «Энергосорб» мощностью 1000 т/г была введена в эксплуатацию в п. Верхнеднепровский (Смоленская обл.).

В ценностном варианте разработанная кормовая добавка «Энергосорб» значительно дешевле кормовых добавок аналогичного типа.

В заключение статьи следует отметить: создана технология производства новой кормовой добавки и проведена масштабная проверка её эффективности в различных сельхозпредприятиях. Создана первая очередь крупной опытно-промышленной установки по получению кормовой добавки «Энергосорб».

### Список литературы

1. *Голосман Е.З., Ефремов В.Н.* Промышленные инновационные катализаторы и лечебные препараты на основе полупродуктов при производстве катализаторов. С. 169-179. В кн.: Теория и практика гетерогенных катализаторов и адсорбентов / Под ред. Койфмана О.И. М.: ЛЕНАНД, 2020. 640 с.

2. *Фирсов О.П., Ефремов В.Н., Голосман Е.З.* Растения просят защиты // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. «Проблемы и перспективы устойчивого развития садоводства». Махачкала. 2015. С. 144-147.

3. *Бородако Е.Н., Скарлыгина Е.Н., Голосман Е.З., Ефремов В.Н., Скарлыгин М.Н., Фирсов О.П.* Мечты сбываются и не сбываются // Химия и бизнес. 2019. №3-6. С. 56-58.

4. *Фирсов О.П.* Способ обработки растений медьсодержащим фунгицидом. Пат. РФ № 2583185 // Б. И. № 13.

5. *Ефремов В.Н., Голосман Е.З., Фирсов О.П., Скарлыгин М.Н.* Способ приготовления медно-аммиачно-карбонатного раствора. Пат. РФ № 2679267 // Б.И. № 4.

6. *Фирсов О.П., Голосман Е.З., Ефремов В.Н., Скарлыгин М.Н., Бородако Е.Н., Скарлыгина Е.Н.* Разработка технологии изготовления и внедрения препаратов защиты растений, лечения грибковых заболеваний скота и антисептиков на основе модифицированного полупродукта, применяющегося в производстве медьсодержащих катализаторов // Материалы XXII Международной научно-технической конференции. Технология – 2019. Северодонецк. Ч.1. С. 108-110.

7. *Гагарина О.Ю., Мошкина С.В.* Обзор энергетических кормовых добавок для коров в период раздоя // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 3. С. 2578-261.

8. *Коломейченко В.В.* Кормопроизводство. М.: Лань, 2015. 660 с.

9. *Михалев С.С.* Кормопроизводство. М.: ИНФРА-М. 661 с.

10. *Фаритов Т.А.* Корма и кормовые добавки для животных. СПб.: Лань. 2010. 304 с.

11. *Луцкая Л.П., Бураев М.Э., Вайлерт А.В., Котомцев В.В., Устич Е.П., Кольздорф А.В., Луцкий Р.А.* Способ производства кормовой добавки-адсорбента. Пат. РФ № 2473230 // Б.И. № 3.

12. *Безбородов В.А.* Эффективность использования лактирующими коровами кормового гидролизного сахара с добавлением мочевины и ацетата натрия. Дис. ... канд. с.-х. наук. Вологда, ВГУ, 1982. 134 с.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ КАРДОЧЕСАНИЯ С  
ВОЗМОЖНОСТЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМИ  
ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕССА  
STUDY OF THE SUBJECT AREA OF CARDING WITH THE ABILITY  
TO MANAGE THE MAIN PROCESS PARAMETER**

**Федорова Наталья Евгеньевна  
Fedorova Natalia Evgenievna**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail: fedorova-ne@rguk.ru)*

*Аннотация:* В работе приведен пример изучения предметной области кардочесания с возможностью оперативного определения и управления основными параметрами процесса. Такие варианты исследований формируют у студентов-технологов возможности для лучшего понимания технологических процессов и мотивацию для решения новых технологических задач.

*Abstract:* The paper provides an example of studying the subject area of carding with the ability to quickly determine and manage the main parameters of the process. Such research options create opportunities for technology students to better understand technological processes and motivate them to solve new technological problems.

Ключевые слова: кардочесание, технология, разработка, коэффициент распределения, модуль рабочей пары, зависимости.

*Keywords:* carding, technology, development, distribution coefficient, working pair modulus, dependencies.

Теория кардочесания до настоящего времени представляет предметную область для исследований. На сегодняшний день интерес представляют и теоретические вопросы, и возможности оперативного управления технологическим процессом на разных этапах. Важно для обеспечения понимания технологии и мотивации привлечь студентов-технологов для изучения и возможностей самостоятельно разрабатывать программы, которые возможно изучать и анализировать в ходе профессиональных дисциплин. На примерах процесса кардочесания рассмотрены возможности такой работы.

Получение из неоднородной волокнистой массы сформированного однородного продукта в виде чесальной ленты (в гребенном прядении) или ровницы (в аппаратном прядении) и обеспечение реализации последующих процессов вытягивания на ленточных и прядильных машинах - является целью кардочесания.

В гребенном прядении кардочесание необходимо вести особенно осторожно с учетом подбора гарнитуры рабочих органов, скоростных характеристик рабочих органов, разводок между ними и т.д.

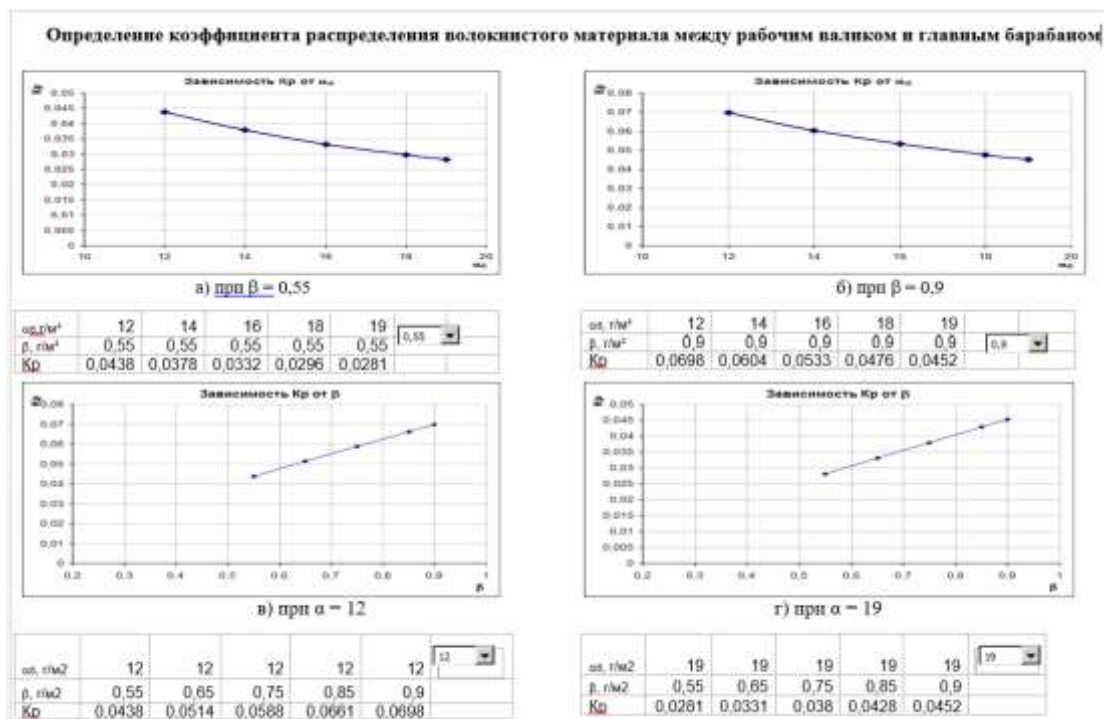
Мощность предварительного прочеса в кардочесании определяется числом прочесных линий (а также линий съема волокна) и числом обезрепеивающих устройств, входящих в состав предварительного прочеса.

Особенно разнообразны системы предварительных прочесов кардочесальных машин гребенного прядения.

Основная работа по разъединению клочков на пучки, ветви и отдельные волокна производится в зонах взаимодействия главного барабана с рабочими валиками.

Эффект чесания и перемешивания волокна в зонах взаимодействия главного барабана с рабочими парами оценивается коэффициентом распределения  $K_p$ . К каждой рабочей паре главный барабан подводит слой волокнистого материала  $\alpha\beta$ , г/м<sup>2</sup>, состоящий из остаточной загрузки  $\alpha\omega$  и загрузки питания  $\alpha\mu$ . При взаимодействии со съемным валиком на главный барабан переходит загрузка  $\beta'$ . К зоне взаимодействия с рабочим валиком главный барабан подводит загрузку  $\alpha\beta + \beta'$ . В результате взаимодействия на рабочий валик с единицы поверхности главного барабана переходит загрузка  $\beta$ . Через какое-то время эта загрузка будет снята с рабочего валика съемным валиком и вновь возвращена на главный барабан. Для рабочей пары характерна цикличность чесания: волокно, побывавшее в зоне взаимодействия с главным барабаном, вновь возвращается в эту зону. Этот процесс для какой-то группы волокон может повторяться многократно.

С помощью разработанного программного продукта (рис. 1), возможно получить и проанализировать зависимости  $K_p$  от  $\beta$ .

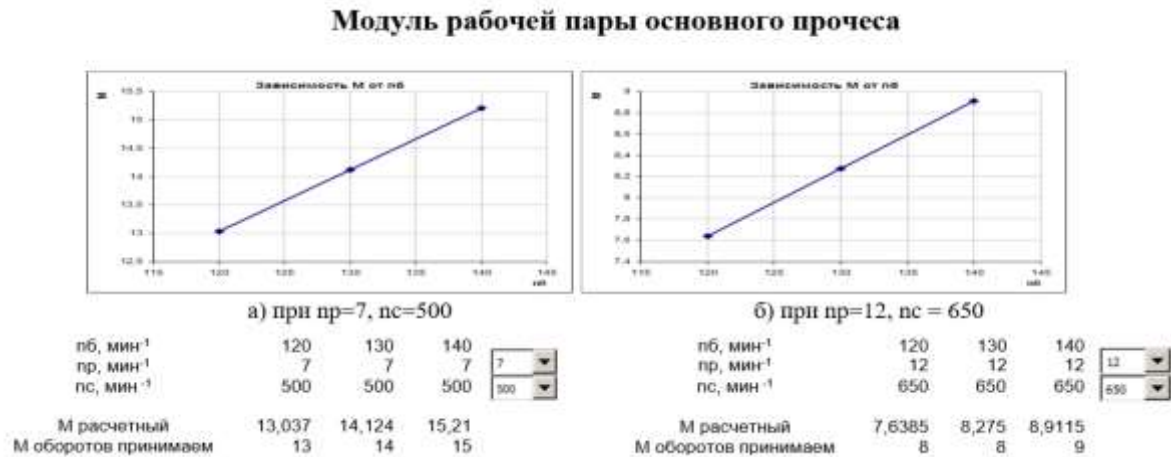


**Рис.1 Пример рабочего окна программы для определения коэффициента распределения волокнистого материала между рабочим валиком и главным барабаном**

Важной характеристикой рабочей пары основного прочеса, определяющей ее смешивающую и выравнивающую способность, является модуль рабочей пары (М). Модулем (М) называется число оборотов главного барабана за время одного цикла рабочей пары.

Смешивающее и выравнивающее действие рабочих пар по ходу продукта изменяется, так как изменяются факторы, определяющие их: коэффициент распределения  $K_p$  уменьшается, а модуль рабочей пары М увеличивается. Эти факторы действуют в противоположных направлениях, следовательно, суммарный результат может и увеличиться, и уменьшиться, и, как вариант, остаться на прежнем уровне. Поэтому возможность оперативного определения этого показателя для управления параметрами процесса для улучшения смешивающего и выравнивающего действия так же является актуальной технологической задачей.

Рабочее окно программы для определения зависимостей модуля рабочей пары основного прочеса от частот вращения главного, рабочего и сьемного валиков представлено на рис.2, где  $n_p$ ,  $n_b$  и  $n_c$  частоты вращения,  $\text{мин}^{-1}$ , соответственно рабочего, сьемного валиков и главного барабана).

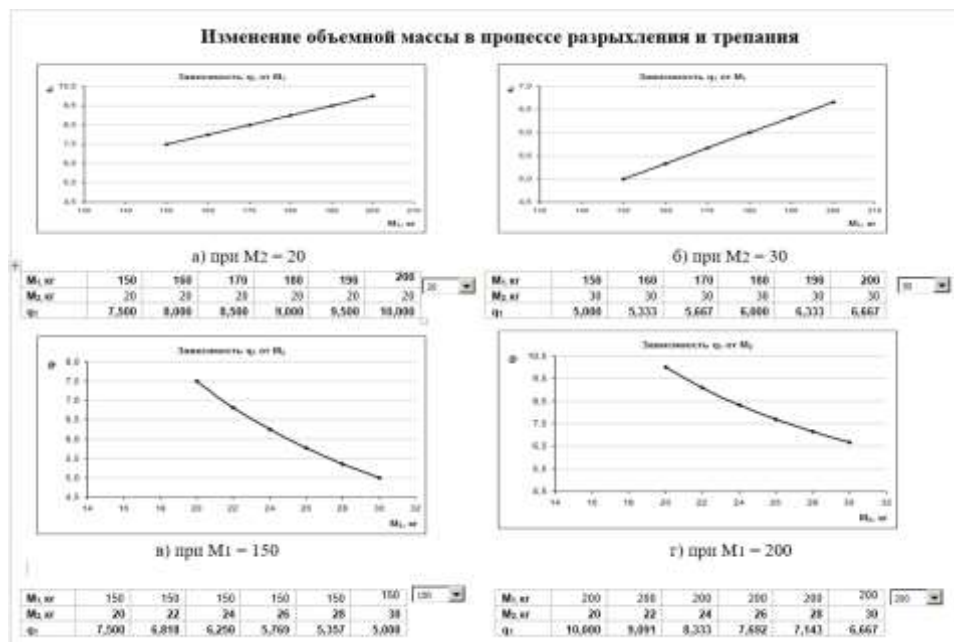


**Рис.2** Пример рабочего окна программы для получения зависимостей модуля рабочей пары основного прочеса от частот вращения главного, рабочего и сьемного валиков

Как варианты исследований возможны любые технологические аспекты, например, говоря об области кардочесания также необходимо и управление процессом разрыхления шерсти, которое подготавливает ее к сложному и ответственному процессу кардочесания.

Пример рабочего окна программы для получения зависимости объемной массы от массы трепаной шерсти/нетрепаной шерсти (где  $M_1$  - масса  $1 \text{ м}^3$  трепаной шерсти, кг;  $M_2$  - масса  $1 \text{ м}^3$  нетрепаной шерсти, кг.)

Представленные варианты исследований формируют у студентов-технологов возможности для лучшего понимания технологических процессов и мотивацию для решения новых технологических задач.



**Рис.3** Пример рабочего окна программы для получения зависимости объемной массы от массы трепаной шерсти/ нетрепаной шерсти

## Список литературы

1. Протасова В.А., Бельшев Б.Е., Панин П.М., Хутарев Д.Д. Прядение шерсти и химических волокон М., Легпромбытиздат, 1987.
2. Афанасьев В.К., Лежебрух Г.О., Рашкован И.Г. и др. Справочник по шерстопрядению. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.
3. Люсова Н.Е. Разработка метода автоматизированного проектирования технологического режима приготовления гребенной ленты. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд.техн. наук. –М.: МГТУ, 2003.
4. Федорова Н.Е., Голайдо С.А. Аналитическое проектирование технологических процессов (учебное пособие) Учебное пособие – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. - 50с.

УДК 669.04

## ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПРОЧНОГО КРЕПЕЖА В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ FEATURES OF HEAT TREATMENT OF HIGH-STRENGTH FASTENERS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Тихонов Аркадий Константинович\* \*\* \*\*\*, Сорокин Алексей Александрович \*  
Tikhonov Arkady Konstantinovich \* \*\* \*\*\*, Sorokin Alexey Alexandrovich \*

\*АО «Белебеевский завод Автономаль» - АО «БелЗАН», Россия, Республика  
Башкортостан, Белебей

\* АО Belebeevsky plant «Avtonormal» - АО «BelZAN», Russia, Bashkortostan, Belebey

\*\* Тольяттинское отделение Российской инженерной академии, Россия, Тольятти  
\*\* Togliatti Branch of the Russian Academy of Engineering, Russia, Togliatti

\*\*\* Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени  
И.П. Бардина (ЦНИИчермет им. И.П. Бардина)

\*\*\* Central Research Institute of Ferrous Metallurgy named after I. P. Bardin  
(e-mail: A.Tikommit@yandex.ru; asn31415@gmail.com)

*Аннотация:* Важнейшей составляющей процесса изготовления крепежных изделий методом холодной объемной штамповки с последующей закалкой являются требования к используемым маркам сталей и процесс их подготовки к высадке.

*Annotation:* The most important components of the manufacturing process of cold-heated fasteners with subsequent quenching are the requirements for the steel grade used and preparation process for fording.

*Ключевые слова:* крепежные изделия, отжиг, закалка, феррито-мартенситные стали, холодная объемная штамповка, прокаливаемость.

*Keywords:* fasteners, annealing, hardening, ferrite-martensite steels, cold-heading, hardenability.

Для автомобильной промышленности России метизными предприятиями совместно с отраслевыми институтами и металлургическими комбинатами России проведен ряд исследовательских работ с последующими выводами и результатами.

Наиболее массовым продуктом при холодной объемной штамповке (ХОШ) крепежа являются экономно легированные борсодержащие стали. Закалка в масло (по

сравнению с закалкой в воду) борсодержащих сталей позволяет получать стабильные механические свойства готовых изделий, при этом характеристики вязкости повышаются на 15-20%. При этом наилучшее сочетание прочностных и пластических свойств обеспечивается при проведении закалки стали в масло от 950°C с последующим отпуском при 550°C.

Исследования процессов производства углеродистых, экономно легированных сталей позволили получить следующую информацию: выявлена пониженная склонность к росту зерна аустенита сталей 20Г2Р, 30Г1Р (23MnB4, 30MnB) в интервале температур 950-1000°C, что допускает возможность повышения температуры закалки до 980-1000°C, что позволит повысить прокаливаемость борсодержащей стали. Отмечено так же, что повышение содержания углерода от 0.12 до 0.35% в борсодержащих сталях способствует повышению их склонности к росту зерна аустенита на 10-15%.

Углеродистые стали обладают существенной склонностью к росту зерна аустенита во всем исследуемом интервале температур аустенитизации 850+1200°C, причем как и в случае экономнолегированных сталей повышение содержания в них углерода от 0.10 до 0.20% способствует повышению их склонности к росту зерна аустенита на 5÷10%. Выявлена склонность исследуемых сталей к структурной наследственности в интервале применяемых в настоящее время температур отжига. Поэтому для обеспечения однородной мелкодисперсной структуры экономнолегированных борсодержащих сталей 20Г2Р, 30Г1Р и легированной стали 38ХГНМ (SAE 8640) с исходным крупным зерном необходимо проведение дополнительной аустенитизации при температуре 830÷850°C (для сталей 20Г2Р, 30Г1Р) и 850÷870°C (для стали 38ХГНМ). Для углеродистых сталей 10 и 20 с исходно крупным зерном аустенита дополнительной аустенитизации не требуется так как фазовая перекристаллизация происходит при традиционно используемых температурах сфероидизирующего отжига.

Проведенные лабораторные исследования показали, что экономнолегированные борсодержащие стали 20Г2Р, 30Г1Р и легированная сталь 38ХГНМ, обладающие более крупным аустенитным зерном имеют более низкие характеристики технологической пластичности и более высокие значения характеристик прочнотности (при снижении размера зерна от 65 до 20 мкм технологическая пластичность возрастает на 8÷12%). Это связано с тем, что используемые режимы отжига недостаточны для измельчения аустенитной структуры (проявление структурной наследственности). Поэтому необходимо подобрать режимы двукратного отжига сталей, поставляемых с исходным крупным аустенитным зерном, включающие отжиг либо нормализацию от температуры 900÷910°C (что будет способствовать измельчению аустенитной структуры) с последующим отжигом, проводимым по традиционной технологии.

Показано, что увеличение скорости охлаждения от 0.1 до 1°C/мин практически не влияет на степень сфероидизации перлита (цементита) в экономнолегированных борсодержащих сталях 20Г2Р, 30Г1Р и только лишь увеличение скорости охлаждения до 5°C/с приводит к существенному снижению степени сфероидизации (до ~40%). В отличие от борсодержащих сталей, сталь 38ХГНМ имеет максимальную степень сфероидизации (~84%), при печных скоростях охлаждения в интервале температур воздушного охлаждения данная сталь практически не сфероидизуется.

На основании исследований полученных, а также, привлекая данные ранее проведенных работ следует разделить структуры исследуемых борсодержащих, легированных и углеродистых сталей по уровню упрочняемости и технологической пластичности при холодной высадке высокопрочных крепежных изделий:

- Для экономнолегированных борсодержащих сталей 12Г1Р, 20Г2Р, 30Г1Р, легированной стали 38ХГНМ, а также низкоуглеродистых сталей 10 и 20 при исходно мелкодисперсной структуре ( $D^r < 30\text{мкм}$ ) как сфероидизованного, так и пластинчатого пер-

лита не наблюдается значимой разницы в характеристиках каждой исследуемой стали независимо от структурного состояния (пластинчатый или сфероидизованный перлит).

- При размере аустенитного зерна  $30 < D^r < 50$  мкм (для экономнолегированных борсодержащих сталей 12Г1Р, 20Г2Р, 30Г1Р и низкоуглеродистых сталей 10 и 20) и при  $20 < D^r < 40$  мкм (сталь 38ХГНМ) характеристики упрочняемости пластинчатых структур на 20-30% выше, а характеристики технологической пластичности на 15-20% ниже, по сравнению со сталями со сфероидизованной структурой.

- для экономнолегированных борсодержащих сталей 20Г2Р, 30Г1Р, легированной стали 38ХГНМ, а также низкоуглеродистых сталей 10 и 20 при исходно крупнозернистой структуре ( $D^r > 50$  мкм) пластинчатые структуры в сталях для ХОШ недопустимы.

- дилатометрические исследования экономнолегированных борсодержащих сталей показали, что для стали 30Г1Р критическая скорость закалки (в интервале температур  $700 \div 800^\circ\text{C}$ ) на бейнито-мартенситную структуру составляет  $10^\circ\text{C}/\text{сек}$  (что обеспечивается при закалке в воду сортовой заготовки стали соответствующей среднему уровню легирования марки, в диаметре 54 мм и при закалке в масле - в диаметре 38 мм). для стали 20Г2Р критическая скорость составляет уже  $52^\circ\text{C}/\text{сек}$  (что обеспечивается при закалке в воду сортовой заготовки стали соответствующей среднему уровню легирования марки, в диаметре 39 мм, и при закалке в масле - в диаметре 24 мм).

Проведенные опытные работы по холодной объемной штамповке стержневых деталей из сталей с двухфазной феррито-мартенситной структурой позволяют сделать вывод, что в условиях завода «БелЗАН» возможно не только изготовление деталей класса прочности 8.8 без последующей закалки, но и производство проката сталей с феррито-мартенситной структурой.

#### Список литературы

1. Мамория А., Тамура Э., Хори А., Влияние условий закалки от температуры обработки на механические свойства стали, Тэцу то хаганэ, 1975, т.61, №4, с.298.
2. Сига Т., Прокаливаемость стали в процессе непосредственной закалки и распределение бора Тэцу то хаганэ, 1984, т.70, №13, с.1388.
3. Уэно., Ито К., Влияние температуры аустенитизации и скорости охлаждения в аустенитной фазе на прокаливаемость стали, содержащей бор, Тэцу то хаганэ, 1988, т.74, №12, с.2337-2344.
4. Золотарева Е.Н., Клячко М.А., Фельдман Б.Л., Выбор оптимального состава борсодержащих сталей для производства высокопрочных крепежных изделий методом ХОШ, Материалы семинара «Перспективы производства точных заготовок и деталей методом объемного деформирования, М., МДНТП, 1990
5. Золотарева Е.Н., Клячко М.А., К выбору состава низколегированных борсодержащих сталей для ХОШ, Материалы семинара «Перспективы производства точных заготовок и деталей методом объемного деформирования, М., МДНТП, 1990
6. Лякишев Н.П., Плинер Ю.Л., Лаппо С.И., Борсодержащие стали и сплавы. М., Металлургия, 1986, 192с.илл.
7. Отида Е., Изучение прокаливаемости борсодержащей стали при закалке с ковочного нагрева методом нейтронографии, Тэцу то хаганэ, 1982, т.68, №12, с.1280
8. Уэно., Ито К., Оптимальные условия получения максимального эффекта закаливаемости при введении бора, Тэцу то хаганэ, 1988, т.74, №5, с.910-917
9. Акмацу Н., Особенности термообработки борсодержащей стали и ее применение в механических конструкциях, Тэцу то хаганэ, 1983, т.69, №13, с.1317.
10. Лякишев Н.П., Плинер Ю.Л., Лаппо С.И., Борсодержащие стали и сплавы. М., Металлургия, 1986, 192с.илл.



**ИННОВАЦИОННЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КАК  
ПЕНСИОННЫЕ АКТИВЫ  
ASSESSMENT OF INNOVATIVE INVESTMENT INSTRUMENTS AS  
PENSION ASSETS**

**Писаренко Жанна Викторовна\*<sup>2</sup>, Нгуен Кан Тоан\*\*  
Pisarenko Zhanna Viktorovna\*, Nguyen Can Toan\*\***

*\*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

*\*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

*(e-mail: z.pisarenko@spbu.ru)*

*\*\*Академия общественных наук Вьетнама, Ханой, Соц. республика Вьетнам*

*\*\* Vietnam Academy of Social Sciences (VAON) Hanoi, Vietnam*

*(e-mail: okabc007@gmail.com)*

*Аннотация:* Статья посвящена исследованию нового типа инвестиционного инструмента – доходных компаний (YieldCos). Деятельность Yieldcos сосредоточена, прежде всего, на интересах инвесторов. Они привлекают средства в перспективные экологические проекты (а именно в развитие возобновляемых источников энергии), и обеспечивают тем самым сочетание высокой дивидендной доходности и высокого роста прибыли. Указанные характеристики являются привлекательными для пенсионных фондов, которые в настоящее время испытывают нехватку инвестиционных инструментов для выполнения принятых на себя обязательств. Цель: оценить инвестиционный потенциал YieldCos как инновационного инвестиционного инструмента и определить риски, которые могут возникнуть в связи с их использованием.

*Abstract:* The Article is devoted to the study of a new type of investment instrument – Yield Companies (YieldCos). Yieldcos activities are focused primarily on the interests of stakeholders, (investors). They attract funds to promising environmental projects (namely, the development of renewable energy sources), and thus provide a combination both of high dividend yield and high profit growth. These characteristics are attractive for pension funds that currently lack investment tools to meet their obligations. Objective: to assess the investment potential of YieldCos as an innovative investment tool and identify the risks that may arise in connection with their use.

*Ключевые слова:* доходные компании, пенсионный фонд, инвестиционный механизм, возобновляемые источники энергии

*Keywords:* YieldCos, pension fund, investment mechanism, renewable energy sources

**1. Введение.** Институциональные инвесторы являются стратегически важной частью мирового финансового рынка. В 2019 г. активы пенсионных фондов ОЭСР составили более 27,6 трлн. долл [1]. Наряду с активным процессом инвестирования в экономику, обязательства пенсионных фондов – важная составляющая благосостояния населения. На их долю приходится более 30% сбережений домохозяйств. Такие показатели сопоставимы только с депозитами, т. е. они активно конкурируют с традиционными банками за сбережения населения. В то же время консерватизм институциональных

---

<sup>2</sup> *Выполнено: в рамках гранта РФФИ, Проект 19-510-92002 - «Развитие методологии зеленого и инфраструктурного инвестирования институциональными инвесторами в условиях пенсионных реформ».*

инвесторов во вложении в «новые» классы активов понятен и приводит к риску недостаточной диверсификации пртеля, а также провоцирует возможность упустить высокую потенциальную доходность.

Недостаточная диверсификация портфелей пенсионных фондов является актуальной темой в условия долгосрочных низких процентных ставок и растущих рисков в мировой экономике, текущих пенсионных реформ, обеспечивающих многовариантный выбор для будущих пенсионеров и начавшейся мировой пандемии. Для лучшей диверсификации необходимо включать в портфель те активы, которые наименее коррелируют с турбулентным фондовым рынком, а альтернативные инвестиционные проекты могут помочь институциональным инвесторам в достижении этой цели.

Более того, пенсионные фонды, являющиеся провайдерами программ с установленными выплатами<sup>3</sup> вынуждены брать на себя дополнительные внешние риски. Пенсионные обязательства перед клиентами фонда (бенефициарами) имеют более длительный срок, чем пенсионные активы, поэтому длительное снижение процентных ставок увеличивает приведенную стоимость обязательств пенсионных фондов, тем самым снижая их платежеспособность<sup>4</sup>. Как отмечают Di Maggio и Касрегсук [2], аналогичная ситуация наблюдается и с фондами денежного рынка. Чтобы исправить ситуацию, пенсионные фонды увеличивают срок инвестирования, ориентируясь на долгосрочные проекты и увеличивая долю в портфеле альтернативных инвестиционных активов. По данным Международного Валютного Фонда (2019) [3], пенсионные фонды довольно значительно увеличили долю альтернативных активов в своих портфелях в период с 2007 по 2018 гг.

Функциональной характеристикой альтернативных инвестиций является возможность снижения корреляции между фондовым рынком и инвестиционным портфелем фонда. Как правило, такие инструменты включают в себя вложения в недвижимость, в сырьевые товары, прямые инвестиции [4]. Более сложными альтернативными инвестициями являются инвестиции в хедж-фонды, управляемые фьючерсы и пр., а также популярные ныне инвестиции, связанные с зеленой экономикой: зеленые облигации, обеспеченные активами ценные бумаги (ABS) и доходные компании (Yeildco).

Доходные компании могут стать разумным выбором для традиционных пенсионных инструментов в периоды снижения доходов по другим финансовым инструментам. Но с другой стороны, доходные компании подвержены дополнительным рискам.

Зеленые инвестиции являются частью общих социально ответственных инвестиций, но они занимают более тесную нишу. Inderst, G. et all [5] определяют зеленые инвестиции как любую деятельность в области устойчивой энергетики, энергоэффективности или управления водными ресурсами. GSIA (2019) определяет зеленые инвестиции как "зеленые" проекты, которые могут обеспечить социальные выплаты, а использование средств от размещения зеленых облигаций должно определяться эмитентом исходя из его основных целей для соответствующих проектов. Облигации, которые намеренно объединяют экологические и социальные проекты, называются облигациями устойчивого развития [6].

---

<sup>3</sup> *Пенсионный план с установленными взносами (DC)* – это план, согласно правилам которого ежемесячные взносы работника аккумулируются на индивидуальном счете работника (участника пенсионного плана). Выплаты при наступлении пенсионных оснований вычисляются в зависимости от накопленной суммы и доходности инвестиционных вложений пенсионного фонда.

<sup>4</sup> «Пенсионные свободы» - провозглашенные в 2015 г. в Великобритании принципы, которые позволяют пенсионеру выкупать в качестве инвестора и самостоятельно вкладывать свои пенсионные накопления (<https://www.financial-ombudsman.org.uk/consumers/complaints-can-help/pensions-annuities>)

Сегодня практически все институциональные инвесторы включают в свой инвестиционный портфель зеленые активы. Хотя не существует единого стандарта, применяемого к зеленым инвестициям, равно как и механизма контроля за соблюдением этих стандартов. Тем не менее, так называемое зеленое инвестирование привлекает большой интерес со стороны частного капитала [7]. Суть «зеленого движения» - это инвестирование в акции, облигации или инфраструктурные проекты, связанные с окружающей средой (разработка и внедрение альтернативных источников энергии, переработка, утилизация отходов и сокращение выбросов углекислого газа).

Долгосрочные прогнозы сценариев изменения климата показывают потенциальный риск для классического инвестиционного портфеля пенсионных фондов. Для интегрированного управления рисками необходимо реагировать на выявленные риски, количественно оценивать их и стремиться хеджировать их с минимальными затратами. Инвестиции в зеленые технологии, бизнес или инфраструктуру, связанные с окружающей средой, менее чувствительны к риску, связанному с изменением климата, поэтому они являются одним из способов снижения таких рисков. Инвестиционный горизонт пенсионных фондов достаточно велик, поэтому климатическая повестка и экологические проблемы имеют для них большое значение. **Цель исследования:** оценить инвестиционный потенциал доходных компаний (YieldCos) как инновационного пенсионного инструмента и определить риски, которые могут возникнуть в связи с ними.

Международные влиятельные экологически-ориентированные индексы, такие как FTSE4Good, DJSI, S&P Global Eco Index, S&P Global Water Index, Sustainalytics и др., также могут влиять на решения инвесторов, так как участие в них увеличивает капитализацию потенциальных для инвестирования компаний. Согласно опросу ОЭСР, 22 из 77 крупнейших пенсионных фондов в мире инвестируют в портфель «зеленых» проектов.

Тема «зеленых» (экологически ориентированных) инвестиций не остается без внимания исследователей. Российские ученые отмечают неразвитость институциональной среды для создания системы экологического инвестирования [8], неопределенность государственной политики в регулировании перехода национального бизнеса к «зеленой» экономике [9]. Многие исследовательские работы посвящены конкретным аспектам. Например, Gatzert, N. И Kosub, T. [10] проанализировали инвестиционные возможности страховых компаний в инфраструктурных проектах при более жестких требованиях к капиталу. Некоторые возникающие риски, связанные с YieldCos, изучены Arnold, J. Azar, A. [11, 12]. Писаренко Ж.В. и др. [13] сравнили социальные инвестиционные проекты под давлением пенсионных реформ. Monk [14] исследовал варианты долгосрочного финансирования экологических проектов и пришел к выводу, что инвестиционные возможности (и риски) не могут быть эффективно распределены между институциональными инвесторами из-за фрагментированного характера сетей инвесторов и большой информационной асимметрии между различными категориями инвесторов и компаний. La Monaca, Assereto, M. et al [15] обнаружили, что неамериканские Yieldcos также могут генерировать прибыль, даже не используя американскую модель управления.

Концепция специальных компаний, ориентированных на заинтересованность инвесторов в участии в экологических проектах (более 90% прибыли должно было распределяться между инвесторами), впервые появилась в США во второй половине XX века. Такие компании ранее привлекали внимание инвесторов в целях налоговой оптимизации. Основной целью YieldCos является владение активами и управление ими, а также распределение доходов между акционерами через прогнозируемые долгосрочные денежные потоки, то есть выплата стабильных дивидендов акционерам. Важная специфика Yieldcos - ориентация на проекты возобновляемой энергетики (ВИЭ).

Первые YieldCos начали свою деятельность с 2012 г. и всего за 3 года капитализация 10 крупнейших YieldCos достигла почти 18 млрд долл. Они показали значительный рост благодаря тому, что многие инвесторы рассматривали YieldCos как хороший способ извлечь выгоду из растущего интереса к ВИЭ. Это особенно ярко проявилось в Соединенных Штатах, где крупные энергетические компании выделяли часть активов и создавали публичные дочерние компании, генерирующие возобновляемую энергию, в качестве специальных механизмов для привлечения дополнительного капитала.

Yieldco - это публичная компания, которая создается крупной материнской компанией. Материнская компания объединяет возобновляемые и/или обычные долгосрочные контрактные операционные активы для получения предсказуемых денежных потоков. Yieldcos же фокусируется на росте дивидендов, поэтому она распределяет дивиденды инвесторам ежеквартально. Такие инвестиции могут быть привлекательными для акционеров, поскольку они ожидают доходности с низким уровнем риска, которая (доходность), по прогнозам, будет только увеличиваться с течением времени. Привлеченный капитал может быть использован для погашения дорогостоящих долгов или финансирования новых проектов по ставкам ниже тех, которые доступны через банковское финансирование [16]. Это достигается путем снижения налогооблагаемой базы: входящие денежные потоки (доходы от активов) минус расходы на амортизацию и расходы на новые проекты. По американскому законодательству чистые операционные расходы могут быть перенесены на налогооблагаемый доход из будущих периодов, и поэтому многие Доходные компании не платят налог на прибыль в течение нескольких лет. Кроме того, дивиденды могут также попасть под благоприятный налоговый режим уже на уровне акционеров, если доход от них рассматривается как доход от первоначальных инвестиций.

Проекты в области возобновляемых источников энергии сталкиваются с некоторой неопределенностью на стадии разработки (Bradford, 2019) [17], но как только производство ВИЭ налаживается, они, как правило, генерируют денежные потоки с низким уровнем риска [18]. Yieldcos могут быть привлекательны для инвесторов, которые принимают риск или не имеют иных каналов для инвестирования капитала в ВИЭ. В обмен на возможность инвестировать в активы с относительно низким уровнем риска инвесторы Yieldcos обычно получают доходность 3-5% с перспективой роста в среднесрочном периоде дивидендов до 8-15%. Например, эмитент TerraForm Power нацелен на 15% - ный ежегодный рост наличных средств, доступных для распределения (CAD - cash available for distribution) в течение трехлетнего периода. Доход инвестора напрямую зависит от операционной эффективности базовых активов и конечного CAD, 70% - 90% которого распределяется в виде дивидендов. Yieldcos устанавливает дивидендную политику и методы расчета средств, доступных для распределения (CAD). CAD - это избыточная сумма, оставшаяся после того, как расходы были вычтены из дохода от операций. Обобщенная форма расчета CAD представлена в уравнении (1.1).

$$CAD = [FFO] - [IP + Taxes + CE] - [R] \quad (1.1)$$

где:

FFO - средства от операционной деятельности

IP - проценты к уплате

CE - капитальные затраты

R - Резервы

При запуске проекта Yieldco материнская компания должна учитывать риски потенциального негативного влияния на свой кредитный рейтинг. Дело в том, что материнская компания переводит операционные активы со своего собственного баланса

на баланс Yieldco. И если кредитные рейтинговые агентства воспринимают такое изменение активов как риск, то они могут понизить кредитный рейтинг материнской компании. В данном исследовании мы проводим эмпирическое исследование инвестиционных характеристик Yieldcos, представляющих большой интерес для пенсионных фондов. Наше внимание сосредоточено на Североамериканском энергетическом рынке, который является лидером в этой области.

#### **Данные исследования и используемые методы**

Исследование направлено на анализ деятельности доходных компаний, связанных с «зеленой» экономикой и «зелеными» финансами. Их можно включить во «Вселенную» социально-ответственных инвестиций (SRI – Socially Responsible Investment). Основная концепция SRI - это не получение сверхприбылей, а эволюционное изменение корпоративного управления в сторону большей ответственности перед обществом. В то же время существуют риски, связанные с низкой доходностью таких инструментов, основанных на принципах ESG. Новизной концепции SRI является преобладание публичного результата над частным [20]. То есть наряду с финансовым результатом должен быть и социально значимый результат, способствующий социально-экономическому развитию региона (страны) или мира.

В основу исследования положены следующие методы научного исследования: эмпирический анализ, сравнение, статистический анализ. Авторы выдвинули *гипотезу* о том, что доходные компании могут стать инновационным инвестиционным инструментом в краткосрочном периоде, но могут внести дополнительные риски, которые могут возникнуть в связи с внешними шоками.

Данные исследования были получены из открытых источников в Интернете, официальных сайтов нефтяных и энергетических компаний, международных организаций (Всемирный банк, ОЭСР, GSIA и др.), международных консалтинговых и рейтинговых агентств (Yahoo!Finance, PWC и др.). Для нашего исследования мы выбрали инвестиционные проекты Yieldcos и традиционных компаний энергетического сектора Северной Америки. Выборка включает в себя 9 компаний:

#### Доходные компании

Pattern Energy Group Inc. (PEGI)<sup>5</sup> США  
NextEra Energy Partners, LP (NEP)<sup>7</sup>  
TerraForm Power, Inc. (TERP)<sup>8</sup> США  
TransAlta Renewables Inc. (RNW.TO)<sup>10</sup>  
Канада

#### Энергетические компании (электрические и газовые коммуникации)

Duke Energy Corporation (DUK)<sup>6</sup>  
США  
NextEra Energy, Inc. (NEE) США  
Dominion Energy, Inc. (D)<sup>9</sup>  
The Southern Company (SO) США  
  
Emera Incorporated (EMA.TO)

### **3. Результаты и их обсуждение**

Учитывая короткий период существования YieldCos, рассмотрим весь период их работы, доступный в открытых источниках. На рис. 1 показана динамика стоимости акций YieldCos из нашей выборки за период 2013-2018 гг.

<sup>5</sup> <https://patternenergy.com/>

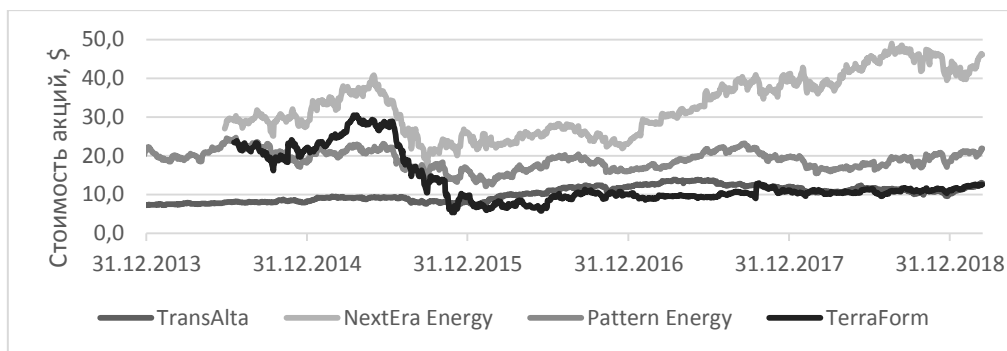
<sup>6</sup> <http://www.duke-energy.com/>

<sup>7</sup> <http://www.investor.nexteraenergypartners.com/>

<sup>8</sup> <http://www.terraformpower.com/>

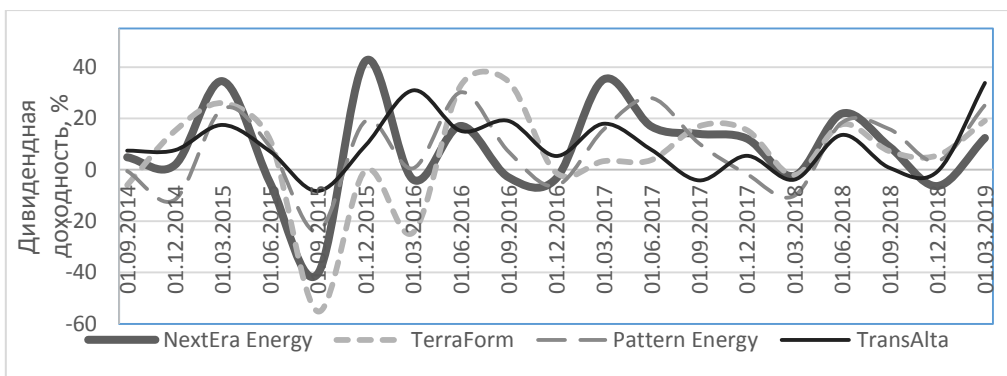
<sup>9</sup> <http://www.dominionenergy.com/>

<sup>10</sup> <http://www.transaltarenewables.com/>

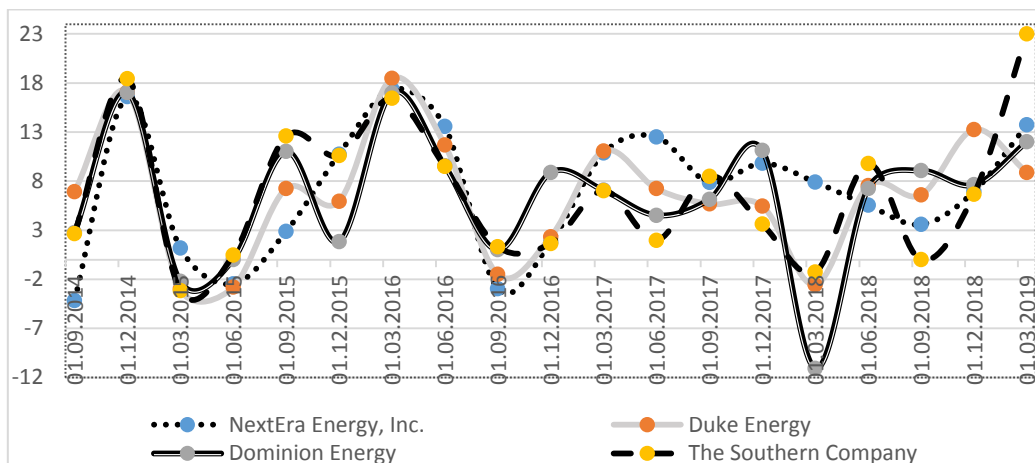


**Рис. 1. Динамика доходности акций в 2013-2018 гг.**  
 Составлено по данным: <https://finance.yahoo.com/quote>

Как видно из рисунка 1, общий тренд стоимости акций, несмотря на турбулентность 2015 г., имеет позитивное направление. Некоторые эксперты [21, 22] объясняют это снижением цен на нефть в период вызванной системной неопределенности, подрывающей доверие инвесторов к периферийным рынкам. Однако основная привлекательность для инвесторов этого финансового инструмента заключается в регулярном денежном потоке в виде дивидендов. На рисунках 2 и 3 представлена сравнительная доходность Yieldcos и традиционных энергетических компаний с учетом ежеквартальной выплаты дивидендов. Как видим, энергетические компании в 2015 г. не так сильно реагировали на изменение цен, как YieldCos.



**Рис. 2 Дивидендная доходность YeldCos, ежеквартально, 2014-2019 гг.**  
 Составлено по данным: <https://finance.yahoo.com/quote>



**Рис. 3. Энергетические компании, квартальная дивидендная доходность, %, 2014-2019 гг.**  
 Составлено по данным: <https://finance.yahoo.com/quote>

Как видно из представленных рисунков, дивидендная доходность доходных компаний выше. Максимум из рассматриваемого периода доходных компаний был достигнут в 1 квартале 2016 г. и составил выше 40%, а у традиционных компаний составил лишь 23% во втором квартале 2019 г. при этом волатильность охотв выше у доходных компаний.

Следующий этап - проведем сравнительный анализ основных инвестиционных характеристик и рисков традиционных энергетических компаний и Yieldcos.

**Таблица 1. Сравнительная характеристика рисков доходных и энергетических компаний, 2014-2019 гг., %**

Индикатор / Компания	Trans Alta (1)	NextEra Energy Partners (2)	Pattern Energy Group (3)	Terra-Form Power (4)	Nex-tEra Energy (5)	Duke En-ergy (6)	The Southern Company (7)	Do-minion Ener-gy (8)	Em-era (9)
Средняя квартальная доходность	9.6	8.3	8.0	6.3	7.0	6.6	6.8	6.4	6.7
Стандартное отклонение	11.1	18.7	14.9	20.5	6.5	6.2	7.1	6.7	5.8
Средняя годовая доходность	19.2	16.6	16.0	12.7	14.0	13.2	13.7	12.7	13.4
Среднее страндартное отклонение	22.3	37.5	29.7	40.9	13.0	12.5	14.3	13.5	11.6

Как видно из полученных результатов, по показателю средней квратальной доходности разница незначительна, хотя дивидендные выплаты в объемном выражении выше все-таки у доходных компаний. При этом показатели риска - волатильность инвестиционной доходности - выше у доходных компаний в два три раза. Наибольшее стандартное отклонение для «экологичного» сектора имеет TerraForm Power (ежеквартально - 20,5), для «традиционного» - всего 7,1 - The Southern Company). Таким образом, в большинстве случаев размер дивидендных выплат YieldCos выше, чем у традиционных, чего и следовало ожидать. Волатильность выплат компенсируется регулярными выплатами дивидендов, которые больше, чем у энергетических компаний.

Действительно, доходные компании сталкиваются с определенными рисками. Прежде всего, неверные решения руководства компании, которые могут оказаться губительными. Ярким примером, подтверждающим риски YieldCos, является банкротство SunEdison в 2016 г. в результате неудачного инвестиционного проекта (более 16 млрд долл на развитие солнечной энергетики). Yieldcos также подвержены конфликту интересов с материнской компанией, изменениям налоговой политики и риску недооценки новых проектов ВИЭ. Но в то же время экологическая направленность проектов и регулярность выплат дидивендов может стать привлекательным для пенсионных фондов, ориентированных на социально-ответственное инвестирование. *Наша гипотеза подтвердилась.*

При проведении корреляционного анализа доходов YieldCos и энергетических компаний с индексами S&P 500 и FTSE4Good Global 100 (приведены в табл. 2) мы получили отличные от ожидаемых результаты. Мы предположили, что у доходных компаний существует более низкая корреляция доходности с рыночным индексом, чем у традиционных. По этой причине они могут быть включены в инвестиционный портфель пенсионных фондов для большей диверсификации.

**Таблица 2. Корреляционный анализ доходов YieldCos, энергетических компаний индекса S&P 500, индекса FTSE4Good Global 100 (нумерация компаний соответствует таблице 1)**

Номер компании	1	2	3	4	S&P 500	FTSE4 Good	5	6	7	8	9
1	1										
2	0.217	1									
3	0.238	0.487	1								
4	0.177	0.323	0.398	1							
<b>S&amp;P 500</b>	<b><u>0.240</u></b>	<b><u>0.348</u></b>	<b><u>0.400</u></b>	<b><u>0.289</u></b>	1						
<b>FTSE4Good</b>	<b><u>0.255</u></b>	<b><u>0.309</u></b>	<b><u>0.373</u></b>	<b><u>0.258</u></b>	<b><u>0.911</u></b>	1					
<b>5</b>	0.182	0.345	0.309	0.111	<b><u>0.337</u></b>	<b><u>0.264</u></b>	1				
<b>6</b>	0.135	0.271	0.245	0.092	<b><u>0.257</u></b>	<b><u>0.191</u></b>	0.771	1			
<b>7</b>	0.147	0.219	0.208	0.063	<b><u>0.232</u></b>	<b><u>0.168</u></b>	0.719	0.815	1		
<b>8</b>	0.164	0.274	0.306	0.132	<b><u>0.311</u></b>	<b><u>0.239</u></b>	0.735	0.760	0.714	1	
<b>9</b>	0.256	0.164	0.198	0.095	<b><u>0.216</u></b>	<b><u>0.204</u></b>	0.322	0.345	0.300	0.321	1

Составлено на основе <https://finance.yahoo.com>

Однако, как видно из таблицы, соотношение для обоих типов компаний с рыночными индексами в среднем одинаково. Это указывает на равные возможности для диверсификации как для доходных компаний, так и для энергетических компаний.

#### **Выводы**

В начале 2013 г. YieldCos стал отличным инструментом для финансирования проектов в области чистой энергетики для широкого пула инвесторов. YieldCos изменили рынок возобновляемых источников энергии. Проведенный анализ YieldCos показал, что ожидаемая доходность нового инвестиционного инструмента незначительно отличается от обычных компаний. Волатильность доходных акций компенсируется регулярными выплатами дивидендов, которые выше, чем у традиционных компаний, что является привлекательным инвестиционным качеством для институциональных инвесторов. Сочетание высокой дивидендной доходности и прибыльности компаний в течение 2013-2018 гг. было отличным результатом для инвесторов.

Включение нового инвестиционного инструмента в инвестиционный портфель пенсионных фондов является возможным. Однако текущая ситуация может изменить будущее нового инструмента. Необходимы дальнейшие исследования для анализа позиций доходных компаний во время панических ситуаций на финансовых рынках (например, связанных с коронавирусом).

Сегодня рынки возобновляемых источников энергии по-прежнему тесно связаны с традиционными энергоносителями. Поэтому более низкие цены на нефть и традиционные источники энергии могут повлиять на ежеквартальные выплаты Yieldcos. Однако в долгосрочной перспективе, что особенно важно для пенсионных фондов, доходные компании могут показывать более стабильные результаты. Пенсионные фонды, включающие в свой портфель такие инвестиционные инструменты, могут решить две задачи: (1) в условиях растущих обязательств по выплатам и (2) долгосрочного снижения процентной ставки обеспечить стабильный денежный поток для обеспечения своих обязательств перед клиентами.

Наши исследования ограничены 2019 г., поэтому мы не учитываем нынешнюю катастрофическую ситуацию на финансовых рынках в контексте пандемии коронавируса. Однако можно предположить, что долгосрочные проекты, направленные на создание социально одобряемых «экологических» инвестиций, помогут доходным компа-



ниям преодолеть периоды рецессии и стать хорошим источником дохода для пенсионных фондов.

### Список литературы

1. Pension Funds in Figures (2019). OECD. <https://www.oecd.org/pensions/private-pensions/Pension-Funds-in-Figures-2019.pdf>
2. Di Maggio, M., Касперцык, М. (2017). The Unintended Consequences of the Zero Lower Bound Policy.
3. Journal of Financial Economics, Elsevier, vol. 123(1), pp.59-80.
4. Donald R. Chambers, Keith H. Black, Nelson J. Lacey. (2018). Alternative Investments: A Primer for Investment Professionals. CFA Institute Research Foundation Publications, Issue 1, 183 p.
5. Inderst, G., Kaminker, Ch., Stewart, F. (2012). Defining and Measuring Green Investments: Implications for Institutional Investors Asset Allocations. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, No.24, OECD Publishing.
6. The Green Bond Principles 2018. ICMA. 2018.
7. Porfir'ev, B.N. (2018). Green Trends in the Global Financial System (Review) Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences (INP RAN) DOI: 10.20542/0131-2227-2016-60-9-5-16
8. Richter, K. K., Pakhomova, N. V., Malyshkov, G. B., Bondarenko, Yu. P. (2015). Formation Of Demand For Environmental Innovations: Is There Enough Institutional Support? Problems of Modern Economy, 2 (54), pp. 15-27.
9. Bokarev, A. A., Yakovlev, I. A., Kabir, L.S., (2017). Green Investments in Russia: Search for Priority Directions. Financial Journal, 6, pp. 40-49.
10. Gatzert, N., Kosub, T. (2014). Insurers' Investment in Infrastructure: Overview and Treatment under Solvency II. The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice, Vol. 39, Issue 2, pp. 351–372. <https://doi.org/10.1057/gpp.2013.34>
11. Arnold, J., Azar, A. (2015). It's the end of the world as we knew it...YieldCo rout skews risk/reward. Deutsche Bank Market Research.
12. Gordon L. Clark, & Monk, A. (2019). Assessing Long-Term Investor Performance: Principles, Policies and Metrics. SSRN Electronic Journal. 10.2139/ssrn.3321963.
13. Pisarenko Zh.V., Kuznetsova N.P., Chernova G.V. (2017). Comparison of pension reforms in growing giants countries: case of China and Russia International conference «New Challenges of Economic and Business. University of Latvia, Riga. P.112. Retrieved from [http://www.bvef.lu.lv/fileadmin/user\\_upload/lu\\_portal/projekti/evf\\_conf2017/Abstracts.pdf](http://www.bvef.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/evf_conf2017/Abstracts.pdf)
14. SYoung, In, Monk, AHB. (2018). Financing Energy Innovation: New Roles and Functions of Intermediation in Clean Energy. Working paper, SSRN 3248032. Retrieved from <http://www.papers.ssrn.com>
15. La Monaca, S., Assereto, M., Byrne J. (2018). Clean Energy Investing In Public Capital Markets: Portfolio Benefits of Yieldcos. Energy Policy, Vol. 121, pp. 383-393. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.06.028
16. Bradley, D., Porter, L., Hurley, P. (2013). Alternative Investment Structures. Navigator.
17. Bradford, T. (2019). Solar Revolution. The Economic Transformation of the Global Energy Industry. MIT Press.
18. Wesoff, E. (2016). SunEdison: A Timeline of the Biggest Corporate Implosion in US Solar History. GreentechMedia. Retrieved from <https://www.greentechmedia.com/articles/read/SunEdison-The-Biggest-Corporate-Implosionin-US-Solar-History>

19. Coster, P. (2014) Clean Tech: YieldCo Primer. J.P. Morgan North America Equity Research.

20. Global Sustainable Investment Review 2016. Retrieved from [http://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2017/03/GSIR\\_Review2016.F.pdf](http://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2017/03/GSIR_Review2016.F.pdf)

21. Alternative thinking 2016. Five game-changers powering the future of renewable energy. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-er-alternative-thinking.pdf>

22. Yieldcos Reprice Renewable Equity (2016). PFI Yearbook 2015. Thomson Reuters Retrieved from <http://www.pfie.com/yieldcos-reprice-renewable-equity/21176767.fullarticle>

УДК 004.77

## **ПОНЯТИЕ ОБ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ THE CONCEPT OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**Сницар Людмила Раймантовна, Сницар Денис Валерьевич  
Snitsar Ludmila Raymantovna, Snitsar Denis Valerievich**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Moscow  
(e-mail:snitsar.ludmila@yandex.ru)*

*Аннотация:* Данная публикация посвящена актуальной проблеме использования информационных технологий. Определены роль и место ИТ-инфраструктуры в обеспечении эффективного функционирования промышленных предприятий.

*Abstract:* This publication is devoted to the actual problem of using information technologies. The role and place of it infrastructure in ensuring the effective functioning of industrial enterprises are determined.

*Ключевые слова:* ИТ-технологии, программное обеспечение, обработка, передача и хранение информации.

*Keywords:* It technologies, software, processing, transmission and storage of information.

Информационные технологии (ИТ) - система методов и средств сбора, хранения, поиска, обработки, анализа, выдачи данных, информации и знаний на основе использования аппаратных и программных средств в соответствии с требованиями пользователей. Целью любой информационной технологии является получение необходимой информации требуемого качества на данном носителе. Информационные технологии состоят из трех основных компонентов:

- комплекс технических средств - вычислительное, телекоммуникационное и организационное оборудование;
- программные системы - общее (системное) и функциональное (прикладное) программное обеспечение;
- систем организационно-методического обеспечения.

Система представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, образующих единое целое и функционирующих вместе для достижения одной цели [1].

Элементы любой системы находятся в постоянном взаимодействии между собой и с окружающей средой, что приводит к постепенному изменению состояния элементов. Такое изменение типично для любой системы. Если в результате этих изменений система принимает условие, которое не соответствует установленному и не удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям, возникает необходимость в управлении системой - целенаправленном воздействии на ее элементы. Процесс контроля состоит из следующих этапов:

- внешняя среда и объект управления информируют систему управления об их состоянии;

- система управления анализирует полученную информацию, разрабатывает управляющие воздействия на объект управления, реагирует на нарушения окружающей среды и, при необходимости, изменяет структуру всей системы и даже ее назначение.

Объект управления предназначен для разработки информационных воздействий на основе собранной информации и их передачи управляющим объектам. Фактически объект управления представляет собой административное устройство системы.

Объектом контроля является непосредственный исполнитель, предоставляющий информацию о своем состоянии и состоянии окружающей среды, восприятие информационных воздействий со стороны руководителя объекта и осуществление контрольных действий на основании полученной информации. Система управления представляет собой совокупность объектов управления, объекта управления и каналов прямой и обратной связи между ними.

Информационные технологии обладают следующими отличительными особенностями, знания и использование которых чрезвычайно важны для жизни и развития общества - позволяют активизировать и эффективно использовать информационные ресурсы общества, которые сегодня являются важнейшим стратегическим фактором его развития. Интенсификация, распространение и эффективное использование информационных ресурсов (научных знаний, открытий, изобретений, технологий, передового опыта) позволяют добиться значительной экономии других видов ресурсов: сырья, энергии, материалов и оборудования, трудовых ресурсов, социального времени; позволяют оптимизировать и автоматизировать информационные процессы, занимающие важное место в жизни общества. [2].

Человечество переживает этап становления информационного общества, в котором объектами и результатами работы большинства населения становятся не материальные ценности, а информация и научные знания. В развитых странах большинство занятого населения в той или иной степени связано с подготовкой, хранением, обработкой и передачей информации, в результате чего приходится осваивать и практически использовать информационные технологии, соответствующие этим процессам.

Информационные процессы являются важнейшим элементом комплексного производства или социальных изменений, и информационные технологии часто являются компонентами соответствующих производственных или социальных технологий и обычно включают в себя наиболее важные, "интеллектуальные" функции этих технологий [3].

Важнейшее значение ИТ- технологии имеют для взаимодействия людей, а также для подготовки и распространения информационных систем средств информации. Наряду с традиционными средствами связи (телефон, радио, телевидение) в социальной сфере расширяется использование электронных телекоммуникационных систем: электронной почты, факса и других видов связи. Эти средства находят новых приверженцев в современном обществе, поскольку они не только создают большое удобство, но и устраняют многие промышленные, социальные и бытовые проблемы, обусловленные процессами глобализации и интеграции мирового сообщества, расширением внут-

ренных и международных экономических и культурных связей, миграцией населения и его все более динамичным движением вокруг планеты.

Информационные технологии играют центральную роль в развитии системы образования и культуры общества. Почти во всех развитых и многих развивающихся странах компьютерная и телевизионная техника, учебные программы на оптических дисках и мультимедийные технологии становятся привычными атрибутами не только высших учебных заведений, но и обычных школ системы начального и среднего образования. Использование информационных технологий обучения также оказалось весьма эффективным в системе самообразования, непрерывного образования, а также в системах повышения квалификации и переподготовки кадров.

ИТ- технологии играют ключевую роль в процессах приобретения и накопления новых знаний. На смену традиционным методам информационного обеспечения научных исследований (накопление, классификация и распространение научно-технической информации) приходят новые методы, основанные на использовании новых возможностей информационного обеспечения фундаментальной и прикладной науки. Современные информационные технологии основаны на теории искусственного интеллекта, методах информационного моделирования, когнитивной компьютерной графике, позволяющей находить решения слабо формализованным проблемам, а также проблемам с неполной информацией и нечеткими исходными данными.

Принципиально важным для современного этапа развития общества является тот факт, что использование и активное развитие информационных технологий может внести значительный вклад в решение глобальных проблем человечества и, прежде всего, проблем, связанных с необходимостью преодоления глобального кризиса цивилизации, переживаемого мировым сообществом. Методы информационного моделирования глобальных процессов, особенно в сочетании с методами мониторинга космической информации, могут дать возможность прогнозировать многие кризисные ситуации в регионах повышенной социальной и политической напряженности, а также в районах экологических катастроф, в местах стихийных бедствий и крупных технологических аварий, представляющих большой риск для общества [4].

Информационные технологии предназначены для оптимизации процесса сбора, хранения и обработки информации, снижения трудоемкости использования информационных ресурсов, повышения обоснованности управленческих решений за счет интеграции и своевременного обновления информации, применения новых форм информационной поддержки любых видов деятельности.

#### **Список литературы**

1. Сницар Д.В., Костылева В.В. «Безопасность сетевой инфраструктуры как основа ИТ-обеспечения предприятий лёгкой промышленности» // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: сборник материалов Международной научной студенческой конференции. Часть 3 – Москва.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – 116 с.

2. Сницар Д.В., Киселев С.Ю. Выпускная квалификационная работа магистра «Информационно-техническое обеспечение современного предприятия легкой промышленности». Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – 75 с.

3. Организация ИТ-инфраструктуры - [электронный ресурс] режим доступа: <http://www.azone-it.ru/organizaciya-it-infrastruktury> - дата обращения 27.11.20.

4. Повышение эффективности функционирования промышленных предприятий с развитой информационной инфраструктурой – [электронный ресурс] режим доступа: <http://economy-lib.com/povyshenie-effektivnosti-funktsionirovaniya-promyshlennyh-predpriyatij-s-razvitoj-informatsionnoy-infrastrukturoy> - дата обращения 27.11.20.

**О ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ И ЕЕ  
ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ  
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ  
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**  
**ABOUT THEORY FOR SOLVING OF INVENTIONS SOLUTIONS AND  
ITS APPLICATIONS FOR INCREASING OF COEFFICIENTS OF  
EXTRACTING HARD-EXTRACTING RESOURCES OF  
HYDROCARBONS**

**Раткин Леонид Сергеевич \* \*\***  
**Rathkeen Leonid Sergeevich \* \*\***

*\* Совет ветеранов Российской академии наук, Россия, Москва*  
*\* Veteran's Council of Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow*  
*\*\*Российская инженерная академия, Россия, Москва*  
*\*\*Russian Academy of Engineering, Russia, Moscow*  
(e-mail: Rathkeen@bk.ru)

*Аннотация:* Рассматриваются современные технологии повышения эффективности извлечения трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья (УВС). Представлены основные принципы Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), созданной в 1940-х годах в СССР известным советским ученым Генрихом Сауловичем Альтшуллером: современная ТРИЗ стала одним из инновационных направлений развития инженерных школ в США, ЕС и странах Юго-Восточной Азии.

*Abstract:* The modern technologies of increasing of efficiency of extracting of hard-extracting resources of hydrocarbons (HC). Also are presented the main principles of Theory of solving of inventions solutions (TSIS), founded in 1940<sup>th</sup> in USSR by famous soviet scientist Genrih Saulovich Altshouller: modern TSIS became one of the innovative directions of development of engineering schools of USA, EC and South-East countries.

*Ключевые слова:* технологии повышения эффективности извлечения, трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ), углеводородное сырье (УВС), Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).

*Keywords:* technologies of increasing of efficiency of extracting, hard-extract resources (HaER), hydrocarbons (HC), Theory for solving of invention solutions (TSIS).

Среди основных проблем, связанных с изучением и освоением трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ) полезных ископаемых (на примере нефти), в частности, следует отметить необходимость применения и утилизации значительных количеств воды для предотвращения воздействия вредных компонентов раствора на окружающую среду, использования специализированных систем и насосно-компрессорного оборудования для бурения скважин со значительной протяженностью горизонтальной части ствола, подготовки объектов к промышленной добыче только по результатам «пилотного проекта» по отработке соответствующих технологий и пробной эксплуатации, недостаток надежных поисковых критериев локализации объектов для промышленной добычи углеводородного сырья (УВС).

Также следует отметить важность применения современных комплексов геофизических методов для контроля проводки и позиционирования ствола скважины и раз-

вития трещиноватости, использования уникальных технологий стимуляции и контроля притока жидкости в скважинах (например, специальный выбор химических компонентов раствора и многоступенчатый гидроразрыв) и отсутствие универсальных методов оценки запасов УВС и критериев их постановки на государственный учет [1].

При обсуждении проблематики ТРИЗ УВС важно отметить существующие пробелы в законодательной базе и наличие внутренних и внешних противоречий в частях нормативно-правовых документов (НПД). Например, в Законе РФ «О недрах» в редакции от 23.08.2016 понятие ТРИЗ УВС до сих пор отсутствует («правовой пробел»)!

В статье 9 Закона пользователем недр является только субъект предпринимательской деятельности, а в статье 23.2 требования к проектированию пользования недрами не учитывают специфики пользования недрами для целей апробации и внедрения технологий геологического изучения недр и разработки ТРИЗ УВС, что противоречит ряду федеральных и региональных НПД по разработке УВС, например, Поручению Правительства РФ от 22.03.2016 (датированного пятью месяцами раньше Закона РФ «О недрах» в редакции от 23.08.2016!) № П9-13169, предусматривающего создание полигонов в рамках научно-исследовательских центров (не обязательно государственных!) по отработке технологий, предлагаемых нефтяными компаниями для освоения продуктивного горизонта с ТРИЗ УВС. Для ликвидации правового пробела и устранения внутренних и внешних противоречий в НПД в разработанном Минприроды РФ Проекте Федерального Закона «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах»» (в части закрепления порядка предоставления права пользования недрами для создания и эксплуатации полигонов отработки технологий рентабельной добычи УВС, отнесенного к баженовским, абалакским, хадумским, доманиковым продуктивным отложениям введено понятие «ТРИЗ УВС».

В статье 9 Закона РФ «О недрах» понятие «пользователь недр» существенно расширено: основным критерием использования является научно-технический уровень программ освоения участков с ТРИЗ для получения технологий рентабельной добычи и привлечения научных организаций и сервисных компаний (напомним, в Законе РФ «О недрах» в редакции от 23.08.2016 «пользователь недр» – обычный субъект предпринимательской деятельности, в т.ч. не имеющий необходимого уровня научно-методического и технико-технологического освоения участков с ТРИЗ УВС!) [2]. Кроме того, в статье 6 Закона РФ «О недрах» детально описаны формы использования недр – создание и эксплуатация полигона отработки технологий рентабельной добычи УВС, отнесенного к баженовским, абалакским, хадумским и доманиковым продуктивным отложениям.

Следует отметить, что впервые классификация ТРИЗ была предложена российскими учеными Э.М.Халимовым и Н.Н.Лисовским в 1994 году. Классификация основывалась на степени удаленности от существующих центров нефтегазодобычи и на граничных значениях ряда технологических и геологических параметров. Например, рассматривались географическая и технологическая группы и группы низкопродуктивных пластов и горизонтов, аномальных нефтей и неблагоприятных коллекторов. Среди критериев оценки выделялись истощенность (выработанность) запасов, малопроницаемость и низкопористость [3].

Возникает ряд вопросов: если есть запасы, залегающие в сложных геологических условиях, то каковы должны быть критерии сложности? Если для инвестирования в ТРИЗ необходимы государственные гарантии и бюджетное финансирование, то каким должен быть его размер и на какой срок его следует предоставлять? Наконец, чем различаются ТРИЗ и нетрадиционные запасы УВС, и каково отношение к ТРИЗ инновационной деятельности академических институтов, научно-производственных предприятий и вузов?

Ответ на последний вопрос – во взаимосвязи проблематики ТРИЗ и Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Созданная в 1940-х годах в СССР известным советским ученым Г.С.Альтшуллером ТРИЗ стала одним из инновационных направлений развития инженерных школ в США, ЕС и странах Юго-Восточной Азии [4]. Одной из учениц Генриха Сауловича, лично им сертифицированных по программе ТРИЗ, была д.п.н., профессор М.М.Зиновкина (04.03.1932-21.07.2016), в 1990-2014 годах работавшая в Институте общего образования Российской академии образования. В 1993 году Милослава Михайловна организовала и возглавила первую в РФ кафедру «Инженерное творчество и образовательные инновации», а в 2012 году открыла Институт ТРИЗ в Южной Корее, где до сих пор стажировются и проходят профессиональную подготовку инженеры-изобретатели ведущих южнокорейских телекоммуникационных и энергетических компаний, а также их коллеги из китайских машиностроительных предприятий и энергохолдингов, в т.ч., производящих нефтегазовое оборудование для разработки месторождений УВС, включая ТРИЗ [5-6].

Возвращаясь к проблематике законодательных пробелов и внутренних и внешних противоречий в НПД РФ, применительно к ТРИЗ следует отметить, что до сих пор в Налоговом кодексе не отражены все используемые в мировой практике изменения в режиме финансирования, предусматривающие льготы за разработку ТРИЗ УВС. Получается, что ТРИЗ УВС в РФ в ожидании прибыли нефтегазовые компании вынуждены разрабатывать «себе в убыток», изымая средства из других инвестиционных проектов.

За рубежом инженерами-изобретателями применяются разработки «ТРИЗ для ТРИЗ», повышающие эффективность разработки УВС, снижающие сроки реализации соответствующих инвестпроектов и сокращающие объем капиталовложений за счет применения инновационных технологий, запатентованных в виде изобретений, полезных моделей и промышленных образцов [7].

В завершение отметим, что само понятие «ТРИЗ» возникает в случае, когда применяемые технологии не отвечают геологическим особенностям пласта, и их разработка в данный период времени нерентабельна.

Следовательно, с течением времени по мере развития новых технологий (благодаря, например, ТРИЗ), соответствующих геологическим особенностям объектов, классификация ТРИЗ будет совершенствоваться и некоторые категории (группы) запасов УВС из ТРИЗ будут переходить в разряд неосложненных (активных). Получается, что государственное регулирование изобретательской деятельности становится не только способом стимулирования инновационного развития научно-производственных предприятий и технологий в заданных геологических условиях, но и инструментом финансового регулирования отраслей и обеспечения ее экономической, экологической и промышленной безопасности [8]. Если под ТРИЗ подразумеваются «запасы залежей (объектов разработки, месторождений) или частей залежи со сравнительно неблагоприятными для извлечения геологическими условиями залегания нефти и/или физическими ее свойствами, разработка которых существующими технологиями в условиях действующей налоговой системы экономически неэффективна» и непривлекательна для внутренних и внешних инвесторов, то основной целью научных отраслевых исследований является создание новых технологий, позволяющих эффективно разрабатывать ТРИЗ с помощью ТРИЗ.

Возникает необходимость ликвидации еще одного «правового пробела»: при предоставлении льгот на разработку ТРИЗ УВС необходимо создание законодательной процедуры для реализации стимулирования инженерной ТРИЗ-деятельности посредством финансирования НИОКР на новые технологии за счет получаемых льгот на добычу УВС.

Поскольку подсчет и прогнозирование разработки нетрадиционных запасов УВС невозможен в рамках традиционных понятий нефтепромысловой геологии и гидродинамики, для их описания необходимо создание новой научной дисциплины, разработку программы обучения которой в ведущих нефтегазовых вузах России целесообразно начать в ближайшие годы [9].

#### Список литературы

1. *Степанова Д.И.* Валютная политика и экспорт нефти как составляющие экономической безопасности России. В сборнике: «Траектории развития: материалы Первой международной научной конференции». – 2018. С. 20-25.
2. *Степанова Д.И.* Реалии и пути развития малого и среднего бизнеса // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2015. № 3. С. 158-174
3. *Лещинская А. Ф., Иволгина Н. В., Степанова Д. И., Акимова Н. А.* Проблемы финансирования технологических инноваций на рынке нефтедобычи. Экономика в промышленности. 2020. Т. 13. № 2. С. 233-243. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-2-233-243.
4. *Иванов Л.А., Прокопьев П.С.* Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 3. – С. 292–303. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303.
5. *Иванов Л.А., Прокопьев П.С.* Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть IV // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 4. – С. 447–457. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457.
6. *Иванов Л.А., Разумеев К.Э., Бокова Е.С., Муминова С.Р.* Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть V // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 719–729. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729.
7. *Раткин Л.С.* Нефтегазовая отрасль: проблемы и перспективы // Нефтяное хозяйство. 2004, № 7. – С.114-115.
8. *Раткин Л.С.* Экологические нанотехнологические разработки учреждений Российской академии наук для топливно-энергетического комплекс // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2015. № 9. С.4-9.
9. *Раткин Л.С.* Нанотехнологическое сотрудничество российской академической и вузовской науки в нефтегазовой сфере // Нанотехнологии: наука и производство. 2017. № 2. С.51-68.



**БОБОВЫЕ, МАСЛИЧНЫЕ И ОРЕХОПЛОДНЫЕ КУЛЬТУРЫ КАК  
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ  
ХЛЕБОПЕКАРНОЙ, МАКАРОННОЙ И КОНДИТЕРСКОЙ  
ОТРАСЛЕЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
LEGUMES, OILSEEDS AND NUT CROPS AS PROMISING SOURCES  
OF RAW MATERIALS FOR THE BAKERY, PASTA AND  
CONFECTIONERY INDUSTRIES FOOD INDUSTRY**

**Ольховатов Егор Анатольевич<sup>\*</sup>, Касьянов Геннадий Иванович<sup>\*\*</sup>  
Надыкта Владимир Дмитриевич<sup>\*</sup>, Айдер Мохаммед<sup>\*\*\*</sup>  
Olkhovатов Egor Anatolyevich<sup>\*</sup>, Kasyanov Gennady Ivanovich<sup>\*\*</sup>  
Nadykta Vladimir Dmitrievich<sup>\*</sup>, Aider Mohammed<sup>\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> *Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Россия,  
Краснодар*

*\*Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia  
(e-mail: olhovatov\_e@inbox.ru, nadykta@gmail.com)*

<sup>\*\*</sup> *Кубанский государственный технологический университет, Россия, Краснодар*

*\*\*Kuban state technological University, Krasnodar, Russia  
(e-mail: g\_kasjanov@mail.ru)*

*\*\*\*Университет Лаваль, Канада, Квебек*

*\*\*\*Laval University, Canada, Quebec  
(e-mail: mohammed.aider@fsaa.ulaval.ca)*

*Аннотация:* Рассмотрена проблематика применения нетрадиционных сырьевых ресурсов в хлебопекарной, макаронной и кондитерской отраслях пищевой промышленности. В сырье бобовых, орехоплодных и масличных культур показано присутствие антинутриентов. Предложен синергетический способ их инактивации. Выявлена перспективность исследуемых объектов в качестве альтернативных сырьевых источников пищевого белка.

*Abstract:* The problems of using non-traditional raw materials in the baking, pasta and confectionery industries of the food industry are Considered. The presence of antinutrients is shown in the raw materials of legumes, nuts and oilseeds. A synergistic method of their inactivation is proposed. The prospects of the studied objects as alternative raw sources of food protein are revealed.

*Ключевые слова:* бобовые, масличные, орехоплодные, сельскохозяйственные культуры, продовольственное сырье, функциональные продукты, хлебопекарная отрасль, макаронная отрасль, кондитерская отрасль

*Keywords:* legumes, oilseeds, nuts, agricultural crops, food raw materials, functional products, bakery industry, pasta industry, confectionery industry

Расширение ассортимента и повышение качества производимых в нашей стране продуктов питания с растительными белками в составе должно способствовать росту данной маркетинговой ниши, в особенности сектора продуктов лечебного и диетического питания из растительного сырья. Устойчивость потребительского спроса на эти продукты в значительной степени способствует повышению экономической эффективности пищевого производства при использовании сравнительно недорогих отечественных сырьевых, в том числе белковых компонентов [1].

В настоящее время популярным среди производителей и востребованным у потребителей становится производство продуктов функционального питания, что само по себе подразумевает применение для этих целей экологически безопасного сырья естественного происхождения. При этом, используемое сырье должно иметь определенное регулирующее воздействие как на организм в целом, так и на отдельные системы и органы. Актуальной для нашей страны и общемировой проблемой является распространенность среди населения непереносимости белка злаковых культур – глютена [2]. В свете решения данной задачи особое внимание привлекают отдельные сельскохозяйственные культуры, как источники альтернативного белка для хлебопекарной, мукомольной и кондитерской промышленности, применение которых позволит частично или полностью заменить белок злаковых культур в составе продуктов питания этой популярной группы [3].

Сырье таких сельскохозяйственных культур, как бобовые, масличные и орехоплодные, является распространенным и широко применяемым материалом, используемым в составе рецептур пищевых продуктов самых разнообразных фазовых форм. Рассматриваемые объекты богаты различными макро- и микронутриентами. По причине высокого содержания антипитательных веществ в рассматриваемом сырье, многие нутриенты этого материала являются малодоступными для ферментных систем пищеварительного тракта человека и животных. Это не позволяет получить всего потенциально возможного спектра продуктов питания из рассматриваемых объектов.

В технологии макаронных изделий крайне актуальна проблема обогащения их макро- и микронутринтного состава различными компонентами нативного характера. Известно, что комбинированное применение различных белков растительного происхождения из состава отдельных культур позволяет скомпоновать полноценный баланс белкового состава продукта [4]. Сырье бобовых после предварительной специальной подготовки может быть использовано в качестве источника белковых веществ для повышения биологической и энергетической ценности продуктов на их основе. Это позволяет с успехом использовать макаронные изделия для целей обогащения пищевого рациона их потребителей белком. Растительные белковые компоненты могут быть использованы в составе макаронных изделий, в том числе и как улучшители слабой муки с целью предотвращения появления возможных дефектов вырабатываемой продукции. При использовании белков из семян бобовых культур в производстве макаронных изделий затраты в сравнении с используемыми для внесения в их состав животных белковых продуктов существенно снижаются. К важным свойствам также следует отнести их термопластичность. Использование растительных белков в составе макаронных изделий не влечет за собой существенных корректировок технологии и смены аппаратурного обеспечения производства.

Решение вопроса инактивации антинутриентов продовольственного сырья при минимизации материальных потерь и затрат энергии в ходе его переработки, в том числе и для производства функциональных пищевых продуктов, в настоящее время находится на начальном этапе изученности и потому имеет высокую актуальность.

Целью проведенной нами работы является исследование сырья эспарцета, ореха черного и рапса на предмет возможного использования белка этих культур в составе хлебобулочных, макаронных и мучных кондитерских изделий для частичной или полной замены белка злаковых после инактивации антинутриенов в составе альтернативных сырьевых объектов.

Объектами проведенного нами исследования стали ранее недостаточно изученные в свете решаемой проблемы и потому не используемые в рассматриваемом направлении культуры – эспарцет, рапс и орех черный. Эти сырьевые источники благодаря богатому нутриентному составу, преимущественную долю которого составляет белок, с

успехом могут быть применены для получения пищевых жмыхов, шротов и изолятов по проведению предварительной обработки, направленной на обезжиривание содержащихся в исходных формах сырья антипитательных веществ.

Для успешного решения поставленной цели сформулированы задачи исследования, в числе которых: выделить из обезжиренных материалов белковые изоляты; установить соотношение фракций белков в них; определить аминокислотный состав фракций полученных белковых изолятов; определить основные функциональные свойства исследуемых белковых изолятов и установить направления их применения в производстве пищевых продуктов; определить влияние на свойства пшеничной муки получаемых белковых изолятов, вводимых в рецептуры хлебобулочных, макаронных изделий и мучных кондитерских изделий.

Семена эспарцета являются ценным источником пищевого растительного белка, поскольку в обезжиренном шроте, из них получаемом, обнаруживается 35,4–36,3% массовой доли сырого протеина. Одной из важнейших отраслей, в которых наряду с такими нетрадиционными и перспективными источниками белка, как семена подсолнечника [5] и дыни [6, 7], могут найти широкое применение и белковые изоляты из семян эспарцета, является хлебопечение. Нами была создана рецептура, согласно которой возможно получить продукт с улучшенным аминокислотным составом, высокими органолептическими характеристиками, хорошими физико-химическими показателями, а также с низкими затратами ресурсов на производство продукции. Введение белкового изолята из семян эспарцета в количестве 1,5–3% к общему количеству пшеничной муки дает положительный результат получения продукта с расширенными профилактическими свойствами, с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями.

В результате проведенной нами работы выполнено комплексное исследование, показавшее целесообразность использования белкового изолята из семян эспарцета при производстве макаронных изделий функционального назначения. Зафиксировано достоверное улучшение свойств пшеничной муки при введении в нее эспарцетового изолята, корректировка состава макаронных изделий которым, способствует интенсификации созревания теста, что снижает длительность производства продукта вдвое. Оптимальная дозировка внесения белкового эспарцетового изолята составляет 4% к массе муки и обуславливает высокие качественные показатели получаемых макаронных изделий.

Поскольку основной областью пищевого использования промышленно возделываемых и дикорастущих орехоплодных культур традиционно является пищевая и кондитерская отрасли, продукты переработки плодов ореха черного также целесообразно использовать в производстве кондитерских изделий. Поисковые работы, проведенные нами, подтвердили перспективность использования плодов ореха черного в данном направлении. Так, например, вполне обоснованным можно считать применение муки, а также жмыхов и шротов из ядра этих орехов в качестве основного или дополнительного компонента ореховых паст, пралиновой начинки конфет, в составе шоколада, халвы, козинаков и грильяжа, а также в составе разнообразных мучных кондитерских изделий. В настоящее время с учетом современных тенденций кондитерской отрасли наиболее целесообразным можно считать ее дальнейшее развитие за счет расширения ассортимента функциональных продуктов питания. Сырой протеин в обезжиренном шроте содержится в достаточном количестве, (72,0 %) чтобы расценивать плоды ореха черного в качестве богатого белком источника различных нутриентов [8]. Установлена высокая относительная биологическая ценность белков ядра ореха черного в сравнении с другими орехоплодными культурами и со стандартным белком. Показано, что исследуемый показатель в 1,2 раза выше, чем ОБЦ стандартного белка.

Для обоснования возможности применения белков ядра ореха черного в производстве кондитерских изделий были исследованы его функциональные технологические свойства. В результате нами было установлено, что жиросодержащая способность белков шрота ядра ореха черного существенно превышает этот показатель для белков пшеничной муки и куриного яйца, уступая лишь обезжиренной соевой муке. Такая же закономерность прослеживается и по показателю влагоудерживающей способности. Значительно превосходит белок ядра ореха черного по своим функциональным технологическим такие объекты, как яичный порошок и сухое обезжиренное молоко. Отличающие белки ядра ореха черного высокие функциональные технологические свойства позволяют использовать его в технологии обширного числа инновационных пищевых продуктов, в том числе и кондитерских изделий. Целесообразность использования этого сырья в производстве кондитерских паст определяется его влиянием на пищевую ценность, реологические характеристики пищевых сред и показатели качества готовой продукции. Получаемая таким способом кондитерская паста является однородной пластичную массу с отдельными редкими включениями крупниц ядра, с выраженными орехово-сливочными вкусоароматическими характеристиками и приятным характерным послевкусием.

При оценке перспектив применения сырья ореха черного в кондитерской отрасли, необходимо отметить, что наряду с наиболее очевидным использованием его в производстве пастообразных продуктов, также целесообразно его применение в качестве белково-жирового компонента для введения в рецептуры мучных кондитерских изделий – при соблюдении оптимальной дозировки это позволяет повысить содержание полиненасыщенных жирных кислот в составе жировой фазы готовых изделий.

В рамках проводимого исследования нами также была изучена возможность включения изолята белка рапса в состав хлеба на основе рисовой муки с целью улучшения ее хлебопекарных свойств. Пористость полученных изделий была мелкоструктурной, однако объем изготовленного таким образом хлеба почти вдвое превышал контрольные образцы, вырабатываемые из пшеничной муки по традиционной технологии [9]. В результате проведенных исследований нами была установлена возможность создания безглютенового хлеба, что является актуальным по причине поиска путей решения существующей проблемы страдающих целиакией [10].

Результатом проведенных исследований стала разработка технологии, основанной на совокупном использовании способов электрофизического и газожидкостного воздействий на продовольственное сырье для инактивации антинутриентов при его комплексной переработке. Стало возможным получение пищевых продуктов высоких потребительских свойств с минимизацией потерь сырья на всех этапах технологического процесса его подготовки путем обработки материала принципиально новым способом. Биологическая доступность компонентов продовольственного сырья, а также оптимизация технической и экономической составляющих технологического процесса на этапе подготовительной обработки, которые были достигнуты в ходе проведенного исследования, свидетельствуют о высоком уровне его значимости. Полученные результаты позволяют применить установленные закономерности на других подобных сырьевых объектах.

Таким образом, в ходе проведенных работ нами были получены принципиально новые результаты, позволяющие минимизировать затраты на переработку сырья бобовых, масличных и орехоплодных культур посредством снижения количества получаемых отходов производства целевого продукта сочетанной обработкой сырья и полупродуктов газожидкостным и электрофизическим методами путем направленной модуляции проявляющегося при этом синергетического эффекта, что открывает новые направления развития исследований в науке и технике, позволяя обеспечить усовершенствование уже известных технологий.

### Список литературы

1. Жаркова И.М., Самохвалов А.А., Густинович В.Г., Корячкина С.Я., Росляков Ю.Ф. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 1 (79). С. 213-217.
2. Жаркова И.М., Звягин А.А., Мирошниченко Л.А., Слепокурова Ю.И., Росляков Ю.Ф., Корячкина С.Я., Густинович В.Г. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами // Вопросы детской диетологии. 2017. Т. 15. № 6. С. 59-65.
3. Цимбалова К.В., Щербакова Е.В. Усовершенствование рецептуры маффинов различными ингредиентами растительного происхождения // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Краснодар: КубГАУ, 2017. С. 1358-1359.
4. Копылов В.С., Щербакова Е.В. Макароны функционального назначения // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Краснодар : КубГАУ, 2017. С. 1266-1267.
5. Shchekoldina T.V., Aider M. Production of low chlorogenic and caffeic acid containing sunflower meal protein isolate and its use in functional wheat bread marking // Journal of Food Science and Technology. 2012. Т. 5. С. 358.
6. Харьков С.Е., Шульга А.С., Гончар В.В., Росляков Ю.Ф., Пипенко А.Н. Влияние модифицированной белковой добавки из семян дыни на качество мучных кондитерских изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. № 5-6 (317-318). С. 55-57.
7. Мирзоев Г.Х., Деревенко В.В., Тагаков А.В. Совершенствование технологии получения растительного масла и высокопротеинового жмыха из семян дыни // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 4 (340). С. 93-95.
8. Дробицкая З.И., Хартъян С.Н., Щербакова Е.В. Обоснование применения ядра ореха черного для разработки рецептуры кондитерских изделий функционального назначения // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Краснодар: КубГАУ, 2012. С. 201-202.
9. Kamela Salah, Egor A. Olkhovатов, Mohammed Aider. Effect of canola proteins on rice flour bread and mathematical modelling of the baking process // Journal of Food Science and Technology. Volume 56, Issue 8 / August 2019, pp 3744–3753.
10. Щеколдина Т.В., Черниховец Е.А., Христенко А.Г. Разработка рецептуры и оценка качества безглютенового печенья на основе квиноа (*Chenopodium quinoa*) // Вестник АПК Ставрополья. 2016. № 4 (24). С. 43-48.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛОВУШКА КАК ФАКТОР УГРОЗЫ  
СОЦИАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ  
TECHNOLOGICAL TRAP AS A FACTOR OF THREATS TO SOCIAL  
IDENTITY**

**Кузин Виктор Федорович\*, Лачинина Татьяна Александровна\*,  
Чистяков Максим Сергеевич\*\*  
Kuzin Viktor Fedorovich \*, Lachinina Tatiana Alexandrovna \*,  
Chistyakov Maxim Sergeevich\*\***

*\*Российская инженерная академия*

*\*Russian Engineering Academy*

(e-mail: vfkuzin@mail.ru; t\_lachinina@mail.ru)

*\*\* Институт экономики и менеджмента Владимирского государственного  
университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых*

*\*\*Institute of Economics and Management, Vladimir State University named after A. G. and  
N. G. Stoletovs*

(e-mail: shreyamax@mail.ru)

*Аннотация.* Статья посвящена краткому рассмотрению развития проблемных «точек» при эволюции информационно-коммуникационного пространства и их влияния на социум. Предлагаются меры по их нивелированию в условиях дальнейшего позитивного развития цифрового пространства.

*Abstract:* The article is devoted to a brief review of the development of problem "points" in the evolution of the information and communication space and their impact on society. Measures are proposed for their leveling in the conditions of further positive development of the digital space.

*Ключевые слова:* информационно-коммуникационного пространства, социум, цифровое пространство.

*Keywords:* information and communication space, society, digital space.

Мы являемся свидетелями развития мировой экономики на стыке принципиально иного формата технологического перехода (рывка), который представляет собой конвергенция цифрового и физического мира, что создает базис для эволюционных изменений, способных изменить привычный образ жизни цивилизации, включая целые отрасли экономики.

Современная действительность отличается характерными чертами цифрового общества – Интернет-вещей, боты, Big Data, которые несут не только положительную, но и определенную негативную нагрузку.

Необходимо отметить т.н. «цифровое» сознание. Действительно, поколение, рожденное в эпоху всеобщей цифровизации, уже не может воспринимать мир по-иному в «отрыве от цифры». При этом цифровые технологии несут «разрыв» мышления между поколениями. По мнению ряда авторов, сегодня «этот разрыв приобретает новые масштабы, и можно уже говорить про возникновение двух разных культур» [2, 15,17].

Нейрокогнитивные технологии справедливо называют технологиями будущего. По мнению научного сообщества, понимание принципов работы мозга приведет к следующей научно-технической революции. Некоторые эксперты связывают с ними шестую волну технологического развития, которая завершится в 2060-м году [1, 144].

Определенную угрозу современной мировой цивилизации несет манипулирование сознанием человека с помощью «цифры». Современные цифровые технологии позволяют управлять большими объемами человеческого сознания, различными потоками интеллекта по типу Big Data. В результате реальная действительность все больше напоминает сюжет из произведения Джорджа Оруэлла «1984», в котором описывается как «Большой Брат» следит за человеческим поведением в перманентном режиме.

Продолжаются дискуссии о роли информационно-коммуникационного пространства в формировании «цифрового общества», его значимости для мировой цивилизации [3, 7]. В развитии робототехники потенциально заложен вариант катализа роста безработицы. Вариации финансовой системы в формате криптовалют также несут угрозу для транспарентности проводимых финансовых операций [4,116]. В таком случае ставится под сомнение неприкосновенность частной собственности [5].

В качестве определенного нивелирующего противодействия представляется целесообразным сохранение и развитие образования как общественного блага в аспекте источника представления о целостности мира, его универсальной конструкции. Кроме того, образование должно стать фундаментом познания глубинных закономерностей жизни как таковой (человека, природы, общества), «избежать зависимости от конъюнктурных знаний и умений» [6].

Паритет сохранения баланса представляется как первостепенность социальных технологий над всеми остальными.

Социально-политическая архитектура социума должна опираться на платформу позитивного потенциала гражданского общества, который в силу перехода в «цифру» всех проявлений существования человечества, находится во Всемирной паутине, а также изменяющейся конфигурации системы государственного управления [7].

Сервисы «Электронное правительство», «Активный гражданин» и т.п. должны стать поистине демократическим инструментарием реализации конституционных прав граждан. Т.н. «электронные права и воля» граждан должны стать одним из ценностных ориентиров наряду с верховенством закона, которые в консолидации и должны обеспечить их реализацию в бесконечном цифровом пространстве. В противном случае «электронная демократия» может стать «удобным» инструментом в «умелых» руках.

Современная цивилизация находится на этапе хаотичного становления цифрового формата своего развития. Происходит переформатирование накопленного многими поколениями научного и интеллектуального базиса, нравственных устоев общества.

Цифровые технологии коренным образом изменяют привычный образ жизни. Формируются иные форматы взаимоотношений производства и управления. Стремительно изменяются под воздействием информационных технологий способы коммуникаций. Любая публичная информация в СМИ теперь обрабатывается при помощи мультимедийного программного обеспечения и становится транспарентной для оптоволоконного пространства цифрового обеспечения современной жизнедеятельности социума. Мы являемся свидетелями кардинальных перемен в традиционных СМИ под воздействием информационно-коммуникационных технологий. Во всемирной паутине привычные газеты вытесняют электронные, имеющие существенную особенность – они постоянно обновляются, в них нет, в основном, законченных статей. Тем самым теряется характерное качество газет «типографского формата», которые, через десятилетия, могли бы перелистывать в архивах будущие поколения, изучая исторические события и наше наследие, впитывая тем самым бесценный опыт.

На наших глазах видоизменяются кредитно-денежные отношения. Появились виртуальные предложения и спрос, интернет теперь стал площадкой для продажи товаров и услуг, оборота электронных денег. Т.н. «пластик» (дебетовые и кредитные карты) стали прототипом успешности и платежеспособности индивида. Финансовая и страхо-

вая репутация и история являются неотъемлемой частью взаимоотношений в современном обществе. Деньги теряют форму отстраненности от индивида и все более становятся «вкраплением персоналий человека». На персональных данных теперь «завязаны» обыденные теперь операции финансовой жизни социума: отслеживание кредитной истории, применение электронной подписи, онлайн открытие счетов и «привязывание» их к единой карте, использование «личного кабинета» в многочисленных цифровых ресурсах.

В данном проблемном контексте необходима эволюция системных информационных и прогнозно-аналитических платформ, которые будут рассматривать на определенную перспективу развитие информационно-коммуникационного пространства в различных вариативных состояниях.

Необходимо «критическое мышление» социума в целях противодействия попадания в цифровую технократическую ловушку, причем критическое осмысление должно быть на достаточно высоком уровне прогнозного предвидения последствий применения «цифры». Данное качество возможно «взрастить» из фундаментального образования. В данном процессе стратегически важна роль государства и различных гражданских институтов, которые должны не запрещать, но использовать во благо возможности сетевого пространства на основе многовариантных проявлений бурного вхождения бинарной системы цифрового существования в повседневное течение жизни.

#### **Список литературы**

1. Губернаторов А.М., Лачина Т.А., Чистяков М.С. Высокие технологии в формировании инновационной среды в сфере здравоохранения // сборник научных трудов XI Международной Кондратьевской конференции «Возможные сценарии будущего России и мира: междисциплинарный дискурс / под ред. В.М. Бондаренко. – Москва: МОСИПНН Н.Д. Кондратьева; Волгоград: ООО Издательство «Учитель», 2020. – С. 140-146.
2. DOI: 10.46865/978-5-901640-34-0-2020-140-146. ISBN 978-5-901640-34-0
3. Смолл Г., Ворган Г., Мозг онлайн. Человек в эпоху интернета. М.: КоЛибри, 2011 – 352 с.
4. Мирошников Б.Н. Сетевой фактор. Интернет и общество. М.: Кучково поле, 2015 – 284 с.
5. Бартлетт Дж. Подпольный интернет. Темная сторона мировой паутины. М.: Эксмо, 2016 – 352 с.
6. Harari Y. Homo Deus: A Brief History of Tomorrow. Harper, 2017. 528 p.
7. Галажинский Э. Чему не учат в университетах // Ведомости, 2017. 2 августа.
8. Модель диалога власти и общества в интернет-коммуникациях. М.: Проспект, 2016. – 112 с.



**МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, КАК ВАЖНЫЙ  
ФАКТОР РАЗВИТИЯ НАУК  
MODERNIZATION OF HIGHER EDUCATION AS AN IMPORTANT  
FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCES**

**Хикматов Н.И., Гафурова Н.Т., Саидова А.С., Саломов И.С., Шарипова С.Н.  
Hikmatov N.I.O., Gafurova N.T., Saidova A.C., Salomov I.C., Sharipova S.N.**

*Бухарский инженерно-технологического института, Бухара (Узбекистан)  
Bukhara Institute of Engineering and Technology, Bukhara (Uzbekistan)*

*Аннотация.* В статье излагаются вопросы совершенствования и развития высшего образования путём решения проблем интеграции и преемственности, осуществления междисциплинарной интеграции и преемственности.

*Annotation.* In this article the questions of perfection and development of higher education are expounded by the decision of problems of integration and succession, realization of interdisciplinary integration and succession.

*Ключевые слова:* высшее образование, интеграция, преемственность, межпредметный, совершенствование.

*Keywords:* higher education, integration, succession, intersubject, perfection

Решение социально-экономических, идеологических и политических, образовательных проблем, стоящих перед человеческим обществом и народом нашей независимой республики, является реальностью, которой невозможно достичь без взаимосвязи и практического взаимодействия естественных, социальных и технических наук. Все они сложны по своему характеру, содержанию, характеру, форме и объёму.

Сложные проблемы исследуются и решаются с использованием соответствующего подхода. Это подразумевает более широкое использование подхода преподавания и обучения.

Большое количество источников и анализ различных областей педагогической практики показывают, что существует ряд недостатков в воспитательной работе и определенное препятствие для ее развития. Это в основном связано с изучением некоторых аспектов и особенностей предметов в форме таблеток, в результате которых преподаются логические и неструктурированные знания. Интегративное общение важно для решения этой ситуации на практике.

Интеграция высшего образования по европейским стандартам предусматривает качественное изменение системы образования в целом и в высшей школе в частности. Введение единых образовательных стандартов серьезным образом будет способствовать подготовке квалифицированных и востребованных специалистов в разных областях науки.

Процесс интеграции, который влечет за собой позитивные реформы, приведет ко многим прогрессивным преобразованиям, что, несомненно, положительно скажется на уровне подготовки специалистов различного уровня, в том числе и в области науки [3, 94].

Значение и содержание высшего профессионального образования, согласно национальной программе, строится в соответствии с достижениями культуры, науки и техники, потребностями личности, общества и государства. Фундаментом образования и его важнейшим элементом является процесс обучения, специально созданный для до-

стижения заданных целей. От его качества, в конечном счете, зависит качество образования в целом. Это качество, т.е. педагогическая эффективность и результативность процесса обучения, зависит от целостности его как системы, интеграции и преемственности его компонентов. Применительно к процессу обучения целостность это его научно-педагогическая обоснованность и способность посредством междисциплинарной интеграции обеспечивать целостное фундаментальное образование по всем дисциплинам.

Отсюда характеристика интегрированного обучения - это обучение, отрицающее разделение знаний на отдельные дисциплины и связанное с целостным восприятием мира. При обучении, например, иностранным языкам, интегрированное обучение предполагает изучение нескольких языков одного региона со сведениями культурного - исторического и политического характера. При этом речь идет не просто о межпредметных связях, а о слиянии нескольких дисциплин, о междисциплинарном синтезе науки, искусства, национальной культуры.

Интегрированное обучение - это не поверхностное знание предметов, а всестороннее знание их отношений и аспектов. С научной точки зрения основой интеграции является целостность вселенной, а также взаимосвязь ее компонентов.

Независимость предметов, их слабые связи друг с другом создают серьезные трудности в формировании целостной картины мира среди студентов и препятствуют органическому восприятию культуры. Предметная разобщенность становится одной из причин раздробленного мировоззрения будущего специалиста.

Исходя из такого подхода, мы сформулировали наше понимание интеграционно-педагогического процесса. Интеграционно-педагогический процесс - кодификация и синхронизация методом сравнительных сопоставлений реальных явлений в системе образования разных стран, означающий динамический процесс взаимопроникновения отдельных дифференцированных частей и функций системы образования, ведущий к процессу сближения и связи самих компонентов образовательной системы, где элементы данного процесса активизируются с неизменным сдвигом к новому качеству взаимодействия и объединения.

Осуществление междисциплинарной интеграции, т.е. построение целостных моделей изучаемых явлений, позволило бы:

- создать условия для осознанного понимания обучаемыми этих явлений и облегчить решение познавательных и профессиональных задач;
- на основе предыдущего способствовать обеспечению преемственности образования;
- способствовать гармоничному развитию личности.

Таким образом, решение обозначенных задач тесно связано с проблемой преемственности. Существуют различные подходы к его определению. Проанализируем наиболее значимые из них. Самое общее понятие преемственности определяется как связь между явлениями в процессе развития в природе, обществе и познании, когда новое, сменяя старое, сохраняет в себе некоторые его элементы.

Преемственность предполагает необходимый элемент связи прошлого, настоящего и будущего, который позволяет диалектически сочетать старое с новым, осуществлять замену одной формы другой, более совершенной, находить новые формы и создавать предпосылки для их успешного развития.

Иначе говоря, интеграция и преемственность обеспечивает то, без чего невозможно дальнейшее развитие, а именно:

1. включение в новое тех элементов содержания прошедшего, которые не утратили своей жизненности в новых условиях и в состоянии способствовать развитию;

2. включение в новое тех отдельных форм старого, которые в состоянии уместить в себе иное содержание и обеспечить его развитие.

Интеграция является объективной закономерностью развития природы и общества. Без интеграции и преемственности невозможно продвижение вперед во всех областях человеческой деятельности, ибо «новое не возникает на пустом месте, не образуется из ничего. Оно имеет глубокие корни в прошедшем этапе развития, порождается прошлым, вырастает из ушедшего, как дерево из семени, и, в свою очередь, содержит в себе зародыш будущего».

Таким образом, преемственность в философии рассматривается как закономерность развития. Более того преемственность является проявлением таких основных законов диалектики, как закон отрицания отрицания, закон перехода количественных изменений в качественные, закон единства и борьбы противоположностей.

Роль преемственности в профессиональном обучении – обеспечение целостности педагогического процесса.

Переход от предметоцентризма к образовательным областям открывает возможность междисциплинарных переходов, дает целостную, а не мозаичную картину мира.

Одним из условий решения этой проблемы является переход от предметоцентризма к образовательным областям. Чаще всего в профессиональном образовании под этим понимается лишь согласование содержания изучаемого материала в рамках одного предметного блока. Одного согласования недостаточно, нужно учитывать перспективные цели по каждой дисциплине в ВУЗе. Под целями в данном случае понимается умения студентов применять аппарат дисциплины в качестве методологического, теоретического и технологического средства решения познавательных и профессиональных проблем.

Таким образом, создание образовательных областей можно трактовать как процесс интеграции учебных дисциплин относительно исследования и решения различного рода задач.

Принцип перехода монофункциональных технических средств обучения к полифункциональным и новым информационным технологиям позволяет реализовать социальный заказ, обусловленный потребностью информатизации общества, интенсифицировать учебно-воспитательный процесс на всех уровнях.

Высшее образование как составная часть общего основного образования вносит свой вклад в достижении общей цели деятельности высшего учебного заведения, обеспечивая усвоение учащимся основ учебных дисциплин, развитие их мыслительных и творческих способностей, вырабатывая научное мировоззрение.

Концепция высшего образования определяет цели образования как:

- ✓ формирование всесторонне развитой личности;
- ✓ изучение основных составляющих профессиональной картины мира;
- ✓ усвоение основных представлений о научном методе исследования и его месте в системе познания мира;
- ✓ формирование и развитие познавательных способностей.

Отметим некоторые аспекты современной концепции высшего образования. Она предполагает уровневую и профильную дифференциацию, как наиболее соответствующую идеям личностно-ориентированного обучения, современным идеям мировой педагогики и психологии, требующим гармоничного сочетания в обучении интересов личности и общества.

Усиление прикладной направленности курсов специальных дисциплин на всех стадиях обучения должно обеспечить формирование навыков применения выпускниками достижений науки в их практической деятельности.

Для успешного реформирования высшего образования необходим комплекс мер, в основе которых лежат научно-педагогические методы. С их помощью можно добиться, чтобы каждая специальная дисциплина, изучаемая студентами, вносила фундаментальный вклад в их общее профессиональное образование. Это требует соответствующих действий со стороны административных и методических органов ВУЗа, а также государства и общества в целом [1, 2].

Фундаментальное образование должно быть целостным, для чего отдельные дисциплины следует рассматривать не как совокупность традиционных автономных курсов, а как единые интегрированные циклы фундаментальных дисциплин, связанных между собой общей целевой функцией, обеспечивая целостность образования как такового.

Сегодняшнее состояние специальных дисциплин пока не отвечает сформулированным критериям в полной мере. Требуются значительные и согласованные усилия преподавателей всего цикла специальных дисциплин, чтобы фундаментальность в этой сфере стала реальностью.

Преимственность специальных образований в ВУЗе должна обеспечиваться единством цели, содержания, методов и средств. Цели специального образования ВУЗов углубляются и конкретизируются. В частности, к ним относятся:

- умение использовать полученные знания в практической работе;
- формирование профессиональных умений и навыков;
- развитие качеств, способствующих готовности к совершенствованию и продолжению образования.

Направленность учебно-воспитательного процесса на формирование личности обучаемого предполагает создание условий для развития мышления, памяти, внимания и воли. Эта цель должна быть достигнута во всем учебно-воспитательном процессе, в том числе и в процессе обучения специальным дисциплинам в ВУЗе.

Цели специального образования во многом определяют его содержание. В соответствии с законом содержание образования должно обеспечивать формирование у обучаемых естественнонаучной картины мира, соответствующей современному уровню знаний и ступени обучения. В этом проявляется единство содержания обучения в средне-специальном образовании.

Глобализационный аспект интеграции науки и образования активно осмысливается сегодня в направлении формирования единого научно-образовательного пространства, в котором необходимо найти место для реализации национальных особенностей научных и образовательных систем. Данный аспект непременно очерчивает круг проблем, связанных с безопасностью отечественного образования в современных условиях глобализма, интернационализации и глобализации научно-образовательной сферы [1, 3].

На практике происходит более спонтанная, нецелевая интеграция знаний. Одним из организационных и методологических инструментов повышения качества подготовки специалистов можно назвать междисциплинарную интеграцию, которая может иметь два значения: во-первых, создание целостного взгляда на мир вокруг студента (здесь интеграцию можно рассматривать как цель обучения) ; во-вторых, это нахождение общей платформы для сближения предметных знаний (здесь интеграция является средством обучения).

Интеграция определяется нами как процесс целенаправленной унификации путем установления устойчивых взаимосвязей элементов образовательной системы при сохранении и обогащении их качественных и характерных признаков, ведущих к формированию целостности, обладающих новыми системными свойствами.

Таким образом, интеграция специальных предметов бакалавриата и магистратуры, содержание учебного плана, содержание непрерывного образования целесообразно рассматривать с позиций теории интеграции контента на междисциплинарном уровне.

Такой подход определяет построение прогностической модели интеграции содержания высшего образования с учетом личной жизни и профессионального опыта.

Концепция глобализации в современных исследованиях оказывается наиболее популярным инструментом анализа социальных процессов, в том числе проблем интеграции современной научно-образовательной сферы.

Достижение целей профессионального образования реализуется адекватными методами обучения, соответствующими идеологии развивающего обучения, методологии деятельного подхода, личностно-ориентированной педагогики, превращающих образование в сферу формирования личности учащихся, освоения ими способов мышления и различных видов деятельности. Особое значение в образовании ВУЗа имеет овладение научным методом, который предполагает применение методов учебного эксперимента, исследовательского, проблемного, разнообразных активных методов обучения.

Для выполнения учебного плана и учебного материала важную роль при организации учебного процесса играет технология и методы преподавания. При изучении определённого предмета очень важна межпредметная связь и интеграция социально-гуманитарных и специальных дисциплин, а также, методы и приёмы урока, дидактический материал, методическая обеспеченность по изучаемому предмету.

В ходе учебного процесса для обеспечения межпредметной связи и интеграции у учащихся можно сформировать следующие профессиональные качества как:

- творческое отношение к изучаемому предмету;
- самостоятельное мышление, свободно и самостоятельно изъяснять свою точку зрения;
- самообразование;
- иметь глубокие теоретические и практические знания по специальным дисциплинам;
- приспособляемость к производственному и технологическому процессу.

Исходя из всего сказанного можно сделать вывод, что, опираясь на методику изучения межпредметной интеграции, при изучении определённой темы опираясь на степень полученных знаний, изучаемый материал можно объяснить более доступно и понятно. При этом усвоение материала проходит легко, быстро и интересно.

#### **Список литературы:**

1. Букатов Н.С., Каланда Е.О., Лысенко С.В., Пушкарёв Ю.В. Интеграция образовательных систем и проблема формирования новой личности в системе высшего образования. Электронный журнал «Вестник Новосибирского государственного педагогического университета». № 1 (11) 2013. – Стр. 43-47. [www.vestnik.nspru.ru](http://www.vestnik.nspru.ru)
2. Моргоева Л.Б. Процесс интеграции высшего образования как важный фактор развития гуманитарных наук. // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 7. – С. 90-96.
3. Гафурова Н. Т., Кувондиқова Д. А. Самообразование и самовоспитание, как фактор совершенствования профессионального мастерства, // Развитие науки и технологий. Республиканский научно-технический журнал, Бухара, 2017, №4, С.171-176

**УСИЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫМИ КОМПОЗИТНЫМИ  
МАТЕРИАЛАМИ И ОПТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МОСТОВЫХ  
СООРУЖЕНИЙ**  
**REINFORCEMENT BY POLYMER COMPOSITE MATERIALS AND  
OPTICAL MONITORING OF BRIDGE STRUCTURES**

**Федотов Михаил Юрьевич \*, Овчинников Игорь Георгиевич \*\*,  
Шелемба Иван Сергеевич \*\*\***  
**Fedotov Mikhail Yurievich \*, Ovchinnikov Igor Georgievich \*\*,  
Shelemba Ivan Sergeevich \*\*\***

*\* Российская инженерная академия, Россия, Москва*

*\* Russian Engineering Academy, Russia, Moscow*

*(e-mail: fedotovmyu@gmail.com)*

*\*\* Тюменский индустриальный университет, Россия, Тюмень*

*\*\* Tyumen industrial University, Russia, Tyumen*

*(e-mail: bridgesar@mail.ru)*

*\*\*\* Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской  
академии наук, Россия, Новосибирск*

*\*\*\* Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Russia, Novosibirsk*  
*(e-mail: shelemba@iae.nsk.su)*

*Аннотация:* Приведены результаты экспериментальных исследований по усилению металлических несущих конструкций пролетного строения и оценке технического состояния сталежелезобетонного моста до и после усиления с помощью волоконно-оптической системы мониторинга. Показана эффективность предложенного подхода для повышения безопасности эксплуатации мостовых сооружений.

*Abstract:* The results of experimental researches on strengthening the metal bearing structures of the superstructure and assessing the technical condition of a steel-reinforced concrete bridge before and after strengthening using a fiber-optic monitoring system are presented. The effectiveness of the proposed approach for improving the safety of operation of bridge structures is shown.

*Ключевые слова:* полимерный композитный материал, усиление, мостовое сооружение, волоконно-оптическая система мониторинга.

*Keywords:* polymer composite material, strengthening, bridge structure, fiber optic monitoring system.

В настоящее время эксплуатируется огромное количество как автомобильных, так и железнодорожных мостовых сооружений, спроектированных и возведенных во второй половине 20 века, а зачастую и ранее. Эти конструкции в большинстве своем находятся в неудовлетворительном состоянии [1] и требуют оценки фактического ресурса эксплуатации, а также проведения ремонтных мероприятий или реконструкции, позволяющих восстановить их несущую способность с учетом действующих нормативов [2] и обеспечить необходимый уровень безопасности.

Говоря об оценке фактического технического состояния несущих конструкций пролетных строений, стоит отметить, что на практике широко применяются визуальные методы контроля, например, силами обходчиков, а также различное измерительное

оборудование – лазерные дальнометры, приборы для определения прочности бетона, прогибомеры, тензометрические системы, традиционные средства неразрушающего контроля (НК) при обследовании поврежденных мостов мостоиспытательными станциями согласно годовому плану работ [3]. По результатам обследования мостовых сооружений составляется общий перечень неисправностей, количество неисправностей, подлежащих устранению силами соответствующих организаций, а также проводится расчетная балльная оценка состояния и содержания моста, после чего подтверждается или присваивается иная категория грузоподъемности, а также дается рекомендация по установлению ограничений скоростного режима или их отсутствию.

Однако, указанные методы и средства диагностики позволяют проводить лишь периодические плановые мероприятия по контролю состояния мостовых сооружений, но не могут обеспечить автоматизированный контроль в режиме реального времени, что крайне важно для предотвращения возможных аварийных и иных нештатных ситуаций, которые потенциально могут возникнуть в период эксплуатации.

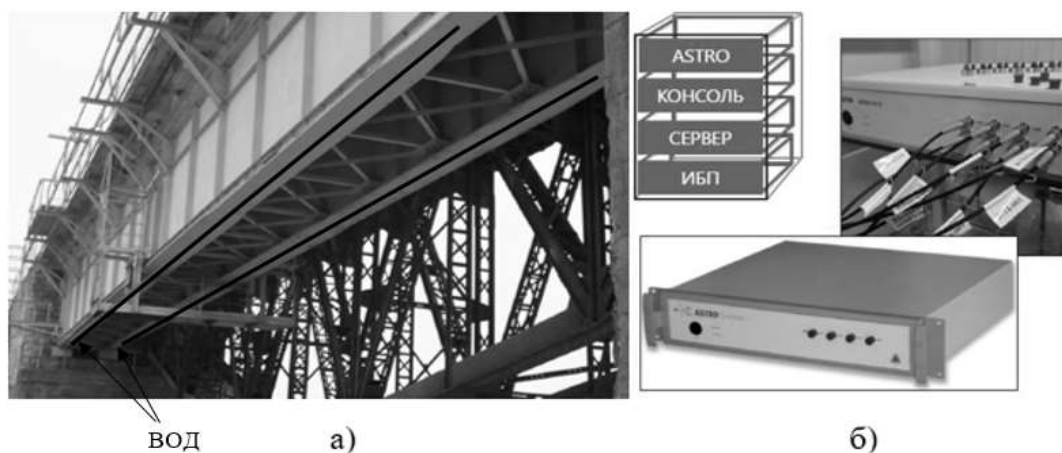
Одним из наиболее эффективных путей решения этой проблемы является применение оптических систем мониторинга на основе волоконно-оптических датчиков (ВОД), построенных на волоконных решетках Брэгга (ВБР), которые позволяют с учетом конструктивных особенностей объекта мониторинга выбрать оптимальную пространственную топологию сети ВОД, обеспечивая возможность контроля высоконагруженных элементов и узлов конструкции в реальных условиях эксплуатации с учетом термокомпенсации, что является немаловажным фактором для получения достоверных данных контроля [4].

Вместе с тем, как уже было упомянуто выше, по результатам проведенного обследования разрабатываются и проводятся мероприятия по устранению выявленных повреждений, которые могут включать в себя применение внешней металлической арматуры с последующим бетонированием для увеличения поперечного сечения, усиление несущих балок ферменными конструкциями, металлическими накладками и шпренгелями, а также комбинированных систем внешнего армирования. Основными недостатками таких систем усиления являются необходимость привлечения специализированной тяжеловесной техники, дополнительная нагрузка на опоры, сезонность проведения работ, а также, в ряде случаев, ограничение транспортного потока, что, в свою очередь, приводит к существенному снижению экономической эффективности и требует развития и широкого внедрения новых подходов к решению задачи усиления мостовых сооружений.

В этой связи одним из наиболее перспективных методов ремонта таких конструкций является применение современных полимерных композитных материалов (ПКМ) на основе углеродных армирующих наполнителей и различных полимерных матриц [5], позволяющих в сравнительно короткие сроки обеспечить восстановление несущей способности и продлить срок безопасной эксплуатации на период до 40 лет при экономии средств в сопоставлении с классическими методами не менее чем на 30 %, что в условиях недостаточного финансирования капитального ремонта и реконструкции мостов, в том числе с заменой пролетных строений, является крайне востребованным.

Коллективом авторов, а также при непосредственном участии специалистов ООО «Инверсия-Сенсор», был проведен комплекс мероприятий по оценке технического состояния сталежелезобетонного железнодорожного моста 739 серии через р. Любовша, расположенного на участке главного пути Орел-Елец Московской железной дороги с помощью волоконно-оптической системы мониторинга. Для этого была разработана пространственная топология сети ВОД, выбраны конкретные типы датчиков и анализатора сигнала. Для проведения экспериментальных исследований по оценке фак-

тического состояния объекта контроля был выбран 4-х каналный анализатор сигналов ASTRO A321, ВОД деформации ASTRO A521 и ВОД температуры ASTRO A511, обеспечивающие термокомпенсацию результатов измерений (рис. 1).



**Рис. 1. Оценка фактического состояния моста волоконно-оптической системой мониторинга: а) топология ВОД на нижнем поясе; б) оборудование для мониторинга**

По результатам проведенных экспериментальных исследований прогиб несущих балок пролетного строения моста составил 71 мм, что является недопустимым для конструкций данного типа и требует проведения ремонтных мероприятий.

Для проведения работ по усилению металлических несущих конструкций пролетного строения моста был выбран ПКМ на основе углеродной ткани 1270(+45/-45)-300 и эпоксидного клевого связующего MC DUR 1209 TX, из которых были изготовлены композитные шпренгели длиной 8 м. Далее по оригинальной технологии восстановления несущей способности инженерных сооружений [6], разработанной при участии Ассоциации строителей России, был выполнен комплекс работ по усилению (рис. 2).



**Рис. 2. Внешний вид композитного шпренгеля на нижнем поясе пролетного строения**

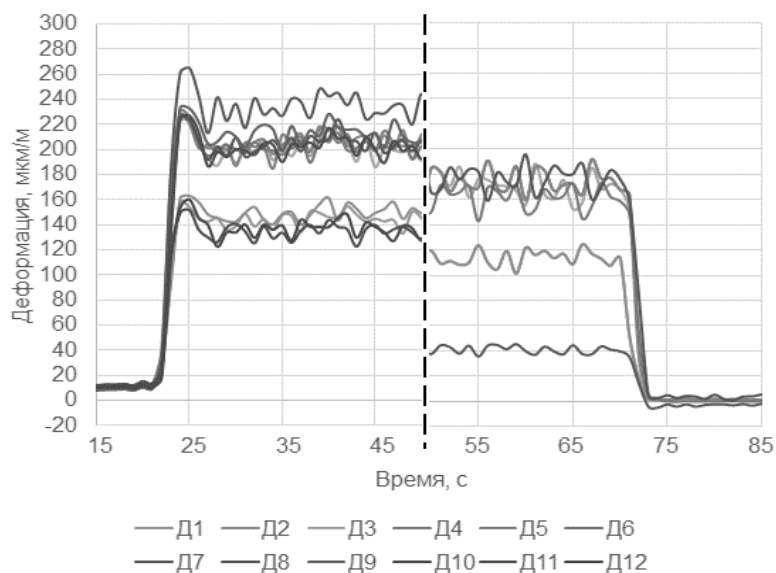
Как видно из рис. 2, на предварительно преднапряженные несущие металлические балки пролетного строения моста методом дискретного механического крепления на высокопрочные болты были установлены композитные шпренгели. Установка на объект усиления осуществлялась вручную, без привлечения спецтехники, при этом за счет установки готовых композитных ламелей отсутствует привязка к сезонности про-



ведения работ, в частности, для рассматриваемого случая, установка шпренгелей проводилась в зимний период, при отрицательных температурах.

Для подтверждения восстановления несущей способности пролетного строения мостового сооружения композитными шпренгелями был проведен повторный мониторинг технического состояния конструкции, при этом топология ВОД была организована аналогичным образом, как и в случае до проведения усиления.

Сравнительные результаты оптического мониторинга до и после проведения усиления проиллюстрированы на рис. 3 [7].



**Рис. 3. Сравнение данных оптического мониторинга до и после усиления**

Анализ полученных результатов оптического мониторинга показал, что величина прогиба несущих балок снизилась до 32 мм, что является допустимым для данного мостового сооружения и подтверждает эффективность использованного технического решения.

Экономический эффект для данного объекта в части восстановления грузоподъемности с помощью композитных шпренгелей по сравнению с классическими методами усиления составил более 40%.

В заключение следует отметить, что применение полимерных композитных систем для восстановления несущей способности элементов мостовых сооружений в сочетании с волоконно-оптическими средствами мониторинга позволяет оценивать фактическое состояние поврежденных мостовых сооружений, проводить восстановление их грузоподъемности, а также контролировать качество проведенных работ. Экономическая эффективность предложенной технологии ремонта для данного моста составила более 40%.

#### Список литературы

1. Овчинников И.И., Валиев Ш.Н., Овчинников И.Г., Шатилов И.С. Аварии транспортных сооружений и их предупреждение // Учебное пособие для магистрантов направления 08.04.01 «Строительство». Прикладная программа «Искусственные сооружения на транспорте, способы воздействия и эксплуатации». Чебоксары, 2020. 217с.
2. Болгов А.Н., Степанова В.Ф., Иванов С.И., Кузеванов Д.В., Шилин А.А. О разработке нового свода правил «Конструкции бетонные и железобетонные. Правила ремонта и усиления» // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 2. С. 16-22.

3. Шестериков В.И. Контроль качества работ при содержании, ремонте и реконструкции мостов // Транспорт Российской Федерации. 2006. № 6 (6). С. 66-70.
4. Федотов М.Ю., Кошман Н.П., Гусев Б.В., Сперанский А.А., Лоскутов М.Л., Овчинников И.Г., Бокарев С.А., Шелемба И.С., Будадин О.Н., Козельская С.О. Опыт применения композитных систем внешнего армирования и оптического мониторинга строительных сооружений // Транспортные сооружения. 2019. Т. 6. № 4. 20 с.
5. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. М.: Стройиздат, 2007. 181 с.
6. Лоскутов М.Л. Устройство повышения несущей способности металлических конструкций инженерных сооружений / Патент на изобретение RU 2018122657, 23.12.2019 г. Заявка № 2018122657 от 21.06.2018 г.
7. Федотов М.Ю., Лоскутов М.Л., Шелемба И.С., Колесников А.В., Овчинников И.Г. К вопросу мониторинга несущих металлических конструкций мостов с использованием волоконно-оптических датчиков // Транспортные сооружения. 2018. Т. 5. № 3. С. 10.

УДК 536.22

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ВЕЩЕСТВ<sup>11</sup> PROSPECTS AND PROBLEMS OF DEVELOPING EQUATIONS OF STATE OF TECHNICAL IMPORTANT SUBSTANCES

**Немзер Борис Владиленович\***, **Григорьев Борис Афанасьевич\*\***,  
**Александров Игорь Станиславович\*\*\***, **Герасимов Анатолий Алексеевич\*\*\*\***  
**Nemzer Boris Vladilenovich\* \*\*\*\***, **Grigoriev Boris Afanasievich\*\* \*\*\*\***,  
**Alexandrov Igor Stanislavovich\*\*\***, **Gerasimov Anatoly Alekseevich\*\*\*\***

\* *Университет Иллинойса в Эрбана-Шампейн, научно-аналитический центр  
FutureCeuticals, Иллинойс, США*

\* *University of Illinois at Urbana-Champaign, Research and Analytical Center  
FutureCeuticals Inc., Momence, IL, USA  
(e-mail: bnemzer@futureceuticals.com)*

\*\* *Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина,  
Россия, Москва*

\*\* *Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Russia, Moscow  
(e-mail: gba\_41@mail.ru)*

\*\*\* *Калининградский государственный технический университет, Россия, Калининград  
\*\*\* Kaliningrad State Technical University, Russia, Kaliningrad  
(e-mail: alexandrov\_kgrd@mail.ru)*

\*\*\*\* *Российская инженерная академия, Россия Москва*

*Аннотация:* Рассмотрены современные тенденции в разработке фундаментальных уравнений состояния. В виду значительного сокращения экспериментальных исследований термодинамических свойств в России и за рубежом, обсуждается проблема

---

<sup>11</sup> *Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-08-00135-а.*

разработки уравнений состояния для плохо исследованных веществ. Для решения указанной проблемы предлагается использовать комбинированные массивы, состоящие из экспериментальных данных и данных молекулярного моделирования.

*Abstract:* Current trends in the development of fundamental equations of state are considered. In view of a significant reduction in experimental studies of thermodynamic properties in Russia and abroad, the problem of developing equations of state for poorly studied substances is discussed. To solve this problem, it is proposed to use combined arrays consisting of experimental data and molecular modeling data.

*Ключевые слова:* уравнение состояния, термодинамические свойства, углеводороды.

*Keywords:* equation of state, thermodynamic properties, hydrocarbons.

Для получения согласованных справочных данных, которые приводятся в таблицах термодинамических свойств технически важных рабочих веществ, их следует рассчитывать по исходной информации, которая не должна быть избыточной. Как правило, в качестве такой информации используются фундаментальные (единые) уравнения состояния веществ. Эти уравнения описывают один из термодинамических потенциалов в собственных переменных и позволяющие с высокой точностью определять все термодинамические свойства в широком диапазоне температуры и давления, включая область фазовых переходов.

В отечественной и зарубежной практике широкое распространение получили эмпирические уравнения состояния в форме свободной энергии (энергии Гельмгольца) с независимыми переменными – температура и плотность [1]. Эти уравнения при сравнительно небольшом числе коэффициентов обладают достаточно высокой точностью, численной устойчивостью и хорошим экстраполяционным поведением, так как их форма определялась с помощью мощного оптимизационного алгоритма [2, 3]. Уравнения данного вида опровергают общепринятые мнения о том, что эмпирические уравнения состояния могут использоваться только в той области параметров состояния, которая обеспечена надежными экспериментальными данными. Однако даже уравнения состояния с оптимизированной формой ограничены тем, что они становятся существенно хуже, когда при разработке данных уравнений имеется очень малый объем экспериментальных данных, либо эти данные низкого качества. Учитывая значительную тенденцию к ограниченности экспериментальных исследований в России и в мире из-за растущих трудовых и материальных затрат, существует проблема разработки и апробации уравнений состояния веществ на основе ограниченной экспериментальной информации. Один из выходов заключается в развитии исследований, приводящих к созданию универсальных и теоретически обоснованных методов пополнения банков данных о термодинамических свойствах технически важных веществ. Один из путей решения этой задачи – это использование методов молекулярного моделирования, которые получили широкое распространение в связи с серьезным развитием компьютерной техники. В данном случае основное содержание компьютерной модели составляют только данные о потенциале взаимодействия молекул (силовом поле).

В докладе представлены результаты молекулярного моделирования термодинамических свойств технически важного углеводорода - фторбензола, а также сравнение этих результатов с авторским уравнением состояния. Используемый метод моделирования базируется на формализме Люстига, предложенном им в [4]. В рамках этого подхода имеется возможность получать производные свободной энергии любого порядка (вплоть до третьего) относительно собственных переменных в процессе единого моделирования. Это позволяет рассчитывать любые термодинамические свойства как комбинацию этих производных, и, в последующем, использовать эту информацию для раз-

работки или сравнения с уравнением состояния. В данной работе методом Монте-Карло был получен массив производных свободной энергии  $a_{10}^r, a_{01}^r, a_{20}^r, a_{11}^r, a_{02}^r$  для 16 состояний, равномерно распределенных в области параметров состояния, где отсутствовали экспериментальные данные. Моделирование производилось с помощью пакета для молекулярного моделирования с открытым исходным кодом *ms2* [5].

Для каждого состояния производилось моделирование для 216 молекул в течении 300000 циклов методом Монте-Карло в каноническом NVT-ансамбле. В качестве силового поля был выбран оптимизированный потенциал TraPPE, предложенный Сипманом в [6]. Данный потенциал учитывает ван-дер-ваальсовские и кулоновские взаимодействия, и имеет вид

$$U(r_{ij}) = 4\varepsilon_{ij} \left[ \left( \frac{\sigma_{ij}}{r_{ij}} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma_{ij}}{r_{ij}} \right)^6 \right] + \frac{q_i q_j}{4\pi\varepsilon_0 r_{ij}} \quad (1)$$

где  $r_{ij}$ ,  $\sigma_{ij}$ ,  $\varepsilon_{ij}$ ,  $q_i$ ,  $q_j$ , и  $\varepsilon_0$  – это, соответственно, расстояние между сегментами взаимодействующих молекул, параметры потенциала Леннарда-Джонса, частичные заряды, а также диэлектрическая проницаемость вакуума. Все указанные параметры приведены в таблице 1. Внутренние степени свободы не учитывались в виду компактности формы и небольшого размера молекулы. Значения соответствующих производных представлены в таблице 2.

**Таблица 1. Параметры потенциала (силового поля) для бромбензола по данным работы [6]. Все координаты даны по главным осям относительно центра масс молекулы**

№	Сегмент	$x, \text{Å}$	$y, \text{Å}$	$z, \text{Å}$	$\sigma, \text{Å}$	$\varepsilon/k_B$	$q, e$
1	X(aro)-C(aro)-X(aro)	0	1.199673	-1.127260	3.6	30.7	-0.063
2	X(aro)-C(aro)-X(aro)	0	0	-1.823895	3.6	30.7	-0.082
3	X(aro)-C(aro)-X(aro)	0	-1.199673	-1.127260	3.6	30.7	-0.063
4	X(aro)-C(aro)-X(aro)	0	-1.209947	0.259733	3.6	30.7	-0.110
5	X(aro)-C(aro)-X(aro)	0	0	0.924967	3.6	30.7	0.089
6	X(aro)-C(aro)-X(aro)	0	1.209947	0.259733	3.6	30.7	-0.110
7	H-C(aro)	0	2.138975	-1.664497	2.36	25.45	0.101
8	H-C(aro)	0	0	-2.905218	2.36	25.45	0.099
9	H-C(aro)	0	-2.138975	-1.664497	2.36	25.45	0.101
10	H-C(aro)	0	-2.132005	0.823668	2.36	25.45	0.101
11	H-C(aro)	0	2.132005	0.823668	2.36	25.45	0.101
12	F-C(aro)	0	0	2.265641	2.85	27.50	-0.164

По значениям производных свободной энергии таблицы 2 на основе дифференциальных соотношений термодинамики могут быть рассчитаны основные термодинамические свойства – давление, изобарная и изохорная теплоёмкости:

$$\frac{p}{\rho RT} = 1 + a_{01}^r \quad (2)$$

$$\frac{C_p}{R} = -\left(a_{20}^0 + a_{20}^r\right) + \frac{\left(1 + a_{01}^r - a_{11}^r\right)^2}{1 + 2a_{01}^r + a_{02}^r} \quad (3)$$

$$\frac{C_v}{R} = -(a_{20}^0 + a_{20}^r) \quad (4)$$

где нижний индекс при  $a$  показывает частную производную по соответствующей собственной переменной.

**Таблица 2. Производные избыточной свободной энергии фторбензола по результатам молекулярного моделирования**

$\rho$ , кмоль/м <sup>3</sup>	T, К	P, МПа	$a_{10}^r$	$a_{01}^r$	$a_{20}^r$	$a_{11}^r$	$a_{02}^r$
0.01	650	0.054	-0.006051	-0.002182	-0.005367	-0.005942	-0.000579
0.3	650	1.518	-0.17947	-0.063543	-0.158719	-0.178914	-0.013157
6	650	22.67	-2.969605	-0.300857	-0.76553	-2.978974	1.887296
8	650	77.24	-4.044550	0.786553	-0.78996	-4.589294	6.8711
0.01	700	0.058	-0.005297	-0.00177	-0.004303	-0.005205	0.000087
0.3	700	1.656	-0.15664	-0.051728	-0.1241	-0.152741	0.010237
6	700	31.82	-2.705855	-0.088751	-0.664235	-2.811089	1.800605
8	700	98.02	-3.700649	1.105184	-0.737815	-4.152307	7.40485
0.01	750	0.062	-0.004680	-0.001473	-0.003487	-0.004604	0.000675
0.3	750	1.793	-0.138716	-0.041726	-0.100659	-0.136863	0.005678
6	750	41.13	-2.483768	0.099383	-0.589006	-2.632966	1.794679
8	750	119.2	-3.405836	1.388875	-0.700689	-3.805770	7.459031
0.01	800	0.066	-0.004165	-0.001137	-0.00285	-0.00400	0.000985
0.3	800	1.929	-0.124257	-0.033132	-0.083753	-0.122971	0.001001
6	800	50.54	-2.29365	0.266399	-0.538102	-2.437927	2.232288
8	800	139.6	-3.150145	1.623223	-0.675431	-3.505815	7.307505

Расчетные значения термодинамических свойств сравнивались с надёжным авторским уравнением состояния, включенным базу данных REFPROP (версия 10) Национального Института Стандартов и Технологии (NIST, Boulder, USA)[7]. Безразмерная свободная энергия Гельмгольца фторбензола  $\alpha(\delta, \tau)$  представлена в виде суммы идеально-газовой части  $\alpha^0(\delta, \tau)$  и избыточной части  $\alpha^r(\delta, \tau)$  уравнением (5).

$$\frac{a(\rho, T)}{RT} = \frac{a^0(\rho, T) + a^r(\rho, T)}{RT} = \alpha^0(\delta, \tau) + \alpha^r(\delta, \tau) \quad (5)$$

В свою очередь избыточная часть свободной энергии Гельмгольца представлена в виде разложения в ряд по степеням приведенной температуры  $\tau$  и приведенной плотности  $\delta$  с полиномиальными и экспоненциальными членами. При этом в процессе разработки уравнения состояния оптимизировалась форма ФУС (6)

$$\alpha^r(\delta, \tau) = \sum_{i=1}^5 N_k \delta^{d_k} \tau^{t_k} + \sum_{i=6}^{10} N_k \delta^{d_k} \tau^{t_k} \exp(-\delta^{t_k}) + \sum_{i=11}^{15} N_k \delta^{d_k} \tau^{t_k} \exp(-\eta_k (\delta - \varepsilon_k)^2 - \beta_k (\tau - \gamma_k)^2) \quad (6)$$

где  $\delta = \rho/\rho_c$ ;  $\tau = T_c/T$ ;  $\rho_c$ ,  $T_c$  – параметры приведения, в качестве которых приняты критические значения. В частности для фторбензола:  $\rho_c = 3,721$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $T_c = 560,1$  К.

Безразмерная идеально-газовая часть свободной энергии Гельмгольца определяется по соотношению

$$\alpha^0(\tau, \delta) = \frac{h_0^0 \tau}{RT_c} - \frac{s_0^0}{R} - 1 + \ln \frac{\delta \tau_0}{\delta_0 \tau} - \frac{\tau}{R} \int_{\tau_0}^{\tau} \frac{c_p^0}{\tau^2} d\tau + \frac{1}{R} \int_{\tau_0}^{\tau} \frac{c_p^0}{\tau} d\tau \quad (7)$$

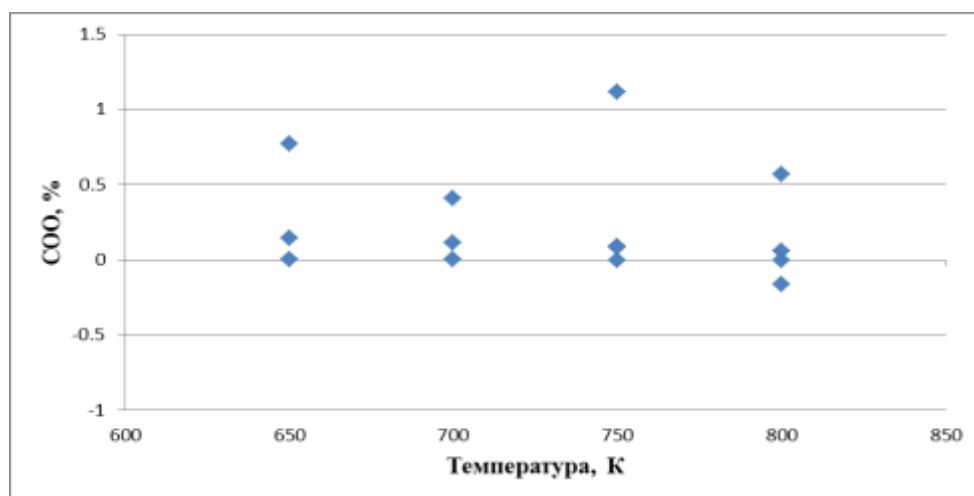
где  $\delta_0 = \rho_0/\rho_c$ ;  $\tau_0 = T_c/T_0$ ;  $T_0, p_0$  – вспомогательная опорная точка ( $T_0 = 298,15$  К;  $p_0 = 101325$  Па);  $\rho_0$  – плотность идеального газа при температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$ ;  $h_0^0, s_0^0$  – соответственно энтальпия и энтропия в идеально-газовом состоянии при температуре  $T_0$ .

Численные значения коэффициентов уравнения (5) представлены в [7]. Величина неопределенности расчетных значений термодинамических свойств оценена в результате сравнения с наиболее надежными экспериментальными данными. Представленные в таблице 3 оценки даны для жидкой фазы:  $T < T_c, \rho > 1,3\rho_c$ , для газовой фазы:  $T < T_c, \rho < 0,7\rho_c$ , для сверхкритического флюида:  $T > T_c$ , включая критическую область:  $T_s \leq T \leq 1,05T_c, 0,7\rho_c \leq \rho \leq 1,3\rho_c$ .

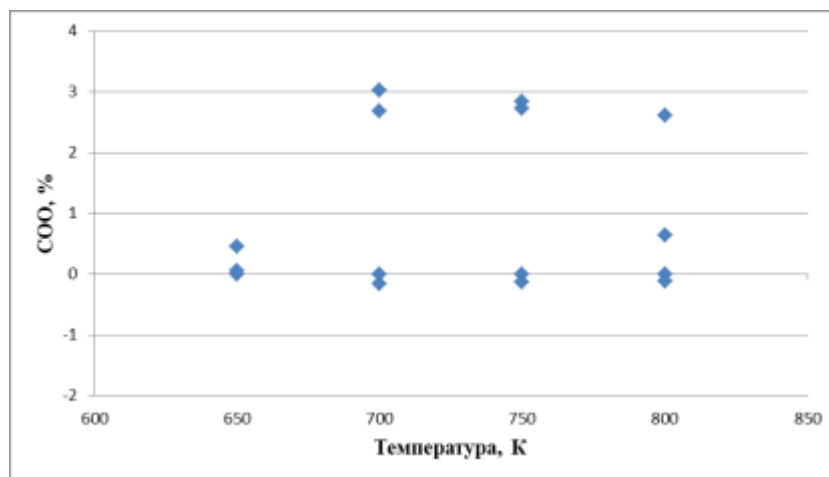
**Таблица 3. Оценки неопределенности расчетных значений термодинамических свойств фторбензола по уравнению (5)**

Свойство	Неопределенность, %, в области		
	Жидкость	Газ	Сверхкритический флюид
<i>Давление паров</i>		0,2 – 1,0	
<i>Плотность насыщенной жидкости</i>	0,1 – 0,5		
<i>Плотность насыщенной газовой фазы</i>		1,0 – 2,0	
<i>Плотность в однофазной области</i>	0,2 – 0,4	1,0 – 2,0	0,5 – 1,5
<i>Изобарная теплоёмкость</i>	0,5 – 1,0	1,0 – 2,5	5,0 – 15,0
<i>Изохорная теплоёмкость</i>	1,0 – 2,0	1,0 – 2,5	5,0 – 15,0
<i>Скорость звука</i>	0,5 – 1,0	-	-

По данным моделирования, представленным в таблице 2, на основе соотношений (3) и (4) были получены численные значения изобарной и изохорной теплоёмкостей с последующим сравнением с уравнением состояния. Результаты сравнения представлены на рисунках 1 и 2.



**Рис. 1. Результаты сравнения результатов моделирования изохорной теплоёмкости с уравнением состояния (5)**



**Рис. 2. Результаты сравнения результатов моделирования изобарной теплоёмкости с уравнением состояния (5)**

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о хорошем согласовании данных молекулярного моделирования с расчетами по уравнению состояния. В частности, изохорная теплоемкость описывается со средним относительным отклонением (COO) 0,44 %, а изобарная теплоёмкость – 1,18 %. Таким образом, можно сделать обоснованный вывод о том, что современные методы молекулярного моделирования позволяют выполнять точные расчеты термодинамических свойств *abinitio*, когда свойства и поведение системы выводятся напрямую из формы потенциала взаимодействия. Это позволяет восполнить дефицит экспериментальных данных для технически важных веществ, что, в свою очередь, дает возможность разрабатывать и апробировать различные методы расчета термодинамических свойств.

#### Список литературы

1. Span R. Multiparameter Equation of State: An Accurate Source of Thermodynamic Property Data. Berlin: Springer, 2000. 367 p.
2. Lemmon E. W., Jacobsen R.T. A new functional form and new fitting techniques for equations of state with application to pentafluoroethane (HFC-125) // *J. Phys. Chem. Ref. Data*. 2005. Vol. 34. № 1. P. 69.
3. Александров И.С., Григорьев Б.А., Герасимов А.А. Современный подход к разработке фундаментальных уравнений состояния технически важных рабочих веществ // Сборник научных статей. Актуальные вопросы исследования пластовых систем месторождений углеводородов. Часть 2. М. «Газпром ВНИИГАЗ». 2011. С. 124.
4. Lustig R. Direct molecular NVT simulation of the isobaric heat capacity, speed of sound and Joule–Thomson coefficient // *Molecular Simulation*. 37. (2011). P. 457.
5. Deublein S., Eckl B., Stoll J., Lishchuk S.V., Guevara-Carrion G., Glass C. W., Merker T., Bernreuther M., Hasse H., Vrabec J. ms2: A molecular simulation tool for thermodynamic properties // *Computer Physics Communications*. 2011. Vol. 182. P. 2350.
6. Rai N., Siepmann I. Transferable Potentials for Phase Equilibria. 10. Explicit-Hydrogen Description of Substituted Benzenes and Polycyclic Aromatic Compounds // *The Journal of Physical Chemistry B*. 2013. Vol. 117 (1). P. 273.
7. Lemmon E.W., Huber M.L., McLinden M.O. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 9.0, National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg, 2010.

**О ЦЕЛЕВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРАХ,  
НАЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ И СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ  
РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ**  
**ABOUT GOAL ECONOMICAL DIRECTIONS, NATIONAL PURPOSES  
AND STRATEGIC SOLUTIONS OF DEVELOPMENT OF RUSSIAN  
FEDERATION: PROBLEMS AND PERSPECTIVES**

**Раткин Леонид Сергеевич \* \*\*  
Rathkeen Leonid Sergeevich \* \*\***

*\* Совет ветеранов Российской академии наук, Россия, Москва*  
*\* Veteran's Council of Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow*  
*\*\* Российская инженерная академия, Россия, Москва*  
*\*\* Russian Academy of Engineering, Russia, Moscow*  
(e-mail: Rathkeen@bk.ru)

*Аннотация:* Рассматриваются целевые экономические ориентиры, национальные цели и стратегические задачи развития Российской Федерации на ближайшую и среднесрочную перспективу. Представлены оценки ведущих российских ученых и программы академических научных школ по повышению эффективности функционирования экономики России.

*Abstract:* The goal economical directions, national purposes and strategic solutions of development of Russian Federation on the nearest and medium perspective are discussed in the article. Also are presented the expert opinion of the leading Russian scientists and programs of academician scientific schools for increasing of efficiency of activity of Russian economy.

*Ключевые слова:* целевые экономические ориентиры, национальные цели, стратегические задачи, экономика Российской Федерации, Российская академия наук.

*Keywords:* goal economical directions, national purposes, strategic solutions, economy of Russian Federation, Russian Academy of Sciences.

Согласно целевым ориентирам экономического развития, сформулированным в Указе Президента Российской Федерации В.В.Путина «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2024 года» от 7 мая 2018 года № 204, для «осуществления прорывного научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации, увеличения численности населения страны, повышения уровня жизни граждан, создание комфортных условий для их проживания, а также условий и возможностей для самореализации и раскрытия таланта каждого человека», Правительству РФ необходимо обеспечить устойчивый естественный рост численности населения РФ с повышением «ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет (к 2030 году – до 80 лет)», а также стабильный рост «реальных доходов граждан» и «пенсионного обеспечения выше уровня инфляции», сокращение в 2 раза «уровня бедности» в РФ, «улучшение жилищных условий не менее 5 миллионов семей ежегодно». Запланировано «ускорение технологического развития» РФ с увеличением количества «организаций, осуществляющих технологические инновации» до 50% «от их общего числа», ускоренное внедрение цифровых технологий в социальной сфере и экономике, вхождение РФ в пятерку «крупнейших экономик мира, обеспечение темпов



экономического роста выше мировых при сохранении макроэкономической стабильности, в том числе, инфляции на уровне, не превышающем 4 процентов. Наконец, в базовых экономических отраслях запланировано создание, «прежде всего, в обрабатывающей промышленности и агропромышленном комплексе, высокопроизводительного экспорто-ориентированного сектора, развивающегося на основе современных технологий и обеспеченного высококвалифицированными кадрами».

Необходимо отметить, что экономический вес Евро-Азиатского экономического сотрудничества (ЕАЭС) в мире снижается [1-2]. Среди основных тенденций следует отметить, что доля ЕАЭС в мировой торговле с 2005 года (кроме временных периодов, связанных с благоприятной внешней конъюнктурой в 2006-2008 и 2013-2014 годах) практически не росла, при этом наблюдается низкая вовлеченность ЕАЭС в международную торговлю (доля в мировой торговле существенно ниже доли в мировом ВВП), темпы роста экономики и торговли ЕАЭС уже не обеспечивают сохранения в перспективе текущего места ЕАЭС в мировой экономике, но доля ЕАЭС в мировой экономике находится ниже уровня 2005 года (сократилась на 0,5 п.п.) [3], а Шанхайская организация сотрудничества (ШОС) сохраняет более динамичное развитие экономики и внешней торговли (по сравнению с ЕАЭС) [4].

Высокий уровень капиталовложений и их возрастание обуславливают достижение ключевых показателей роста экономики, динамика инвестиций в государствах-членах ЕАЭС существенно различается: в России наблюдается стагнация, в Армении и Беларуси – падение [5], но в Кыргызстане – значительный рост! При этом потоки капитала в ЕАЭС носят разнонаправленный характер: например, в России и Казахстане наблюдается отток капитала частного сектора, в остальных странах – приток [6]. В странах с интенсивным притоком частного капитала наблюдается повышенная экономическая активность, на фоне притока капитала частного сектора очевидно снижение заимствований государственного сектора с увеличением резервных активов в различных отраслях, в частности, в нанотехнологической сфере [7]. В России оттоку капитала из частного сектора сопутствует значительное накопление резервов, а существенные и регулярные ошибки и пропуски свидетельствуют о неучтенных операциях и правовых пробелах, а также о внутренних и внешних противоречиях в законодательной базе [8].

Поскольку сальдо «сбережений – инвестиций» определяет направление движения потоков капитала, очевидно, что Россия является чистым кредитором – как для стран ЕАЭС, так и для остального мира. Положительная чистая международная инвестиционная позиция РФ укрепляется за счет трансформации положительного сальдо «сбережений – инвестиций» в отток капитала и накопления резервов государственным сектором и Центральным банком [9]. Вместе с тем, отрицательная инвестиционная позиция в остальных странах ЕАЭС сформирована на фоне высокого уровня инвестиционной активности, финансового обеспечения инвестиций за счет внешних заимствований и недостатка внутренних сбережений или неразвитости внутреннего финансового рынка [10]. Целесообразна разработка Стратегии опережающего развития, учитывающей суммарный вклад ключевых мероприятий в ежегодный прирост производства и инвестиций. Например, форсированный рост нового технологического уклада должен обеспечить ежегодные темпы прироста производства на 35%, инвестиций – на 50%, динамическое наверстывание в высокоразвитых сегментах экономики (авиация, энергетическое и нефтегазовое машиностроение, строительство и АПК) – на 10-30% и 20-40% (производство и инвестиции соответственно) [11-12]. Догоняющее развитие (промышленная сборка транспортных средств) – 5-10% и 10-15%, углубленная переработка сырья – 15-20% и 20-40%, стимулирование инновационной активности с развитием человеческого потенциала – 5% и 10% - в целом по экономике 8% и 16% (производство и инвестиции соответственно) [13]. Между тем, в России, до сих пор сохраняются резер-

вы для экономического роста: по итогам 2018 года производственные мощности в РФ – ниже докризисных, в меньшей степени применяются «мощностные резервы» в сфере машиностроения, легкой и пищевой промышленности, а дозагрузка производственных мощностей за счет улучшения доступности кредитов на пополнение оборотных средств может существенно ускорить экономический рост при условии наличия спроса на дополнительно произведенную продукцию [14].

В завершение отметим, что для обеспечения высоких темпов экономического роста целесообразно усилить рост институтов развития (ИР) – Резервного фонда, Фонда национального благосостояния, Банка развития, Внешторгбанка, РАН, Госкорпораций «Ростех», «Росатом» [15], «Роснано» [16], «Роскосмос». Общая мощность ИР оценивается в сумму порядка 1,5 трлн.долл.США (70% ВВП) – ныне задействовано всего 20-30% из-за отсутствия системы долгосрочного рефинансирования и контроля ИР [17]. Стратегии ИР должны стать частью консолидированного Бюджета развития страны, рассчитанного на 15-20 лет. Проекты в сфере развития новейшего технологического уклада, инфраструктуры, в т.ч., человеческого капитала обеспечат рост на 25-35% в год и стабильный экономический рост в РФ не менее 8% после реализации Стратегии опережающего развития [18]. В предлагаемой схеме денежной эмиссии предлагается задействование как Центробанка, так и госпрограмм, малого и среднего предпринимательства, ЖКХ и капитального строительства, Банка развития, низкорисковых спецбанков агентского типа и коммерческих банков, что позволит реализовывать долгосрочные и среднесрочные инвестиционные проекты с участием механизмов, в частности, государственно-частного партнерства [19], стратегического планирования, и системы долевого финансирования.

#### Список литературы

1. *Степанова Д.И.* Венчурное финансирование инноваций в легкой промышленности. В сборнике: «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016). Сборник материалов международной научно-технической конференции». Москва, 2016. С. 275-278.
2. *Степанова Д.И.* Развитие интеграционных процессов между Россией и Китаем // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2016. № 1. С. 44-52.
3. *Николаева Т.Е., Степанова Д.И.* Вопросы оценки и регулирования предпринимательской деятельности торговых посредников // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2016. № 3. С.45-49.
4. *Степанова Д.И.* О дальнейшем развитии платежной системы Банка России // Банковский бизнес. 2012. № 4. С. 11-17.
5. *Степанова Д.И.* Валютный контроль и валютное регулирование: риски предпринимательской деятельности // Известия Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2011. № 4 (4). С. 158-175.
6. *Степанова Д.И.* Валютное регулирование: российский и зарубежный опыт. Анализ нового валютного законодательства РФ // Банковские услуги. 2005. № 9. С. 2-31.
7. *Левин Ю.А., Никитин А.А., Конотопов М.В., Иванов Л.А.,* Потенциал нанотехнологий: вопросы теплоснабжения и отопления зданий // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 2. – С. 89–93. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-2-89-93.
8. *Раткин Л.С.* Инвестирование в продукцию оборонно-промышленного комплекса для ТЭК России // Российский внешнеэкономический бюллетень. 2006. № 1. С.46-49.
9. *Степанова Д.И.* Факторы иррационального поведения экономических субъектов при реализации ценовой политики // В сборнике: Эволюция современной

науки. Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2016. С. 179-182.

10. *Степанова Д.И., Николаева Т.Е.* Проблемы и эффективность применения регулируемых цен в России // Экономика и предпринимательство. 2016. № 7 (72). С. 909-913.

11. *Николаева Т. Е., Степанова Д. И.* Проблемы регулирования экономики на примере ценообразования // Экономика и предпринимательство. 2016. № 9 (74). С. 893-904.

12. *Степанова Д.И.* Цели и возможные последствия эмиссионных операций ТНК. Экономические исследования и разработки. 2017. № 3. С. 66-71.

13. *Шубина Т.В., Степанова Д.И.* Управление дебиторской задолженностью как элемент экономической безопасности компании. В сборнике: Учетно-аналитическое обеспечение - информационная основа экономической безопасности хозяйствующих субъектов. Межвузовский сборник научных трудов и результатов совместных научно-исследовательских проектов: в 2-х частях. Москва, 2017. С. 429-435.

14. *Степанова Д.И.* Будущее Европы: сверхдержава или дезинтеграция? В сборнике: «Траектории развития: материалы Первой международной научной конференции». 2018. С. 10-19.

15. *Раткин Л.С.* Особенности проектирования систем технико-экономического обоснования, финансового обеспечения и технологического сопровождения решений, используемых в научно-образовательном процессе для проведения исследований в нанотехнологической сфере // Вестник Московского государственного открытого университета. Москва. Серия: Техника и технология. 2011. № 2. С. 68-72.

16. *Писаренко Ж.В., Иванов Л.А., Ванг Ц.* Нанотехнологии в строительстве: современное состояние и тенденции развития // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 4. – С. 223–231. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231.

17. *Степанова Д.И.* Цифровые технологии управления бизнесом в легкой и текстильной промышленности России. В сборнике: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018) Сборник материалов Международной научно-технической конференции. 2018. С. 263-266.

18. *Богдан Е.В., Степанова Д.И.* Проблемы регулирования финансового рынка в условиях нестабильности. В сборнике: Проблемы и перспективы развития промышленности России. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А.В. Быстрова. 2018. С. 116-123.

19. *Раткин Л.С.* Финансово-экономическое обеспечения жизненного цикла nanoиндустриальной продукции и разработка соответствующих интегрированных корпоративных информационных систем отраслевого и регионального мониторинга // Вестник Московского государственного открытого университета. Москва. Серия: Экономика и право. 2011. № 2. С. 26-30.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ  
ОДНОВРЕМЕННОГО КОНТРОЛЯ ДЕФОРМАЦИИ И  
ТЕМПЕРАТУРЫ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF FIBER  
OPTICAL SENSORS FOR SIMULTANEOUS TESTING OF  
DEFORMATION AND TEMPERATURE OF COMPOSITE  
MATERIALS**

**Федотов Михаил Юрьевич \*, Терентьев Вадим Станиславович \*\*  
Fedotov Mikhail Yurievich \*, Terentyev Vadim Stanislavovich \*\***

*\* Российская инженерная академия, Россия, Москва*

*\* Russian Engineering Academy, Russia, Moscow*

*(e-mail: fedotovmyu@gmail.com)*

*\*\*Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской  
академии наук, Россия, Новосибирск*

*\*\* Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Russia, Novosibirsk  
(e-mail: terentyev@iae.nsk.su)*

*Аннотация:* Рассмотрены особенности реализации оптического метода одновременного контроля деформации и температуры в композитных конструкциях посредством интегрированных волоконно-оптических датчиков на основе волоконных брэгговских решеток. Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающих возможность реализации встроенных систем неразрушающего контроля углекомполитов.

*Abstract:* This article describes the features of the implementation of the optical method for simultaneous testing of deformation and temperature in composite structures by means of integrated fiber-optic sensors based on fiber Bragg gratings. The results of experimental researches are presented, confirming the possibility of implementing embedded systems for non-destructive testing of carbon composites.

*Ключевые слова:* углекомполит, волоконно-оптический датчик, волоконная брэгговская решетка, одновременное измерение деформации и температуры.

*Keywords:* carbon composite, fiber optic sensor, fiber Bragg grating, simultaneous strain and temperature measurement.

Создание перспективных образцов техники невозможно без внедрения новых материалов и технологий, обладающих уникальным сочетанием свойств и обеспечивающих все возрастающие требования к эксплуатационным режимам изделий. Для высоконагруженных и ответственных конструкций наиболее целесообразно применять углекомполиты, полимерные композитные материалы (ПКМ), характеризующиеся высокими прочностными и ресурсными характеристиками в сочетании со сравнительно малым весом. Широкое внедрение подобных материалов приводит к необходимости совершенствования и разработке новых методов неразрушающего контроля (НК), позволяющих обеспечивать непрерывную оценку фактического технического состояния непосредственно в реальных условиях эксплуатации. Эффективным инструментом,

позволяющим обеспечить подобные требования, являются волоконно-оптические датчики (ВОД) на основе волоконных брэгговских решёток (ВБР), интегрируемые в конструкцию на стадии сборки пакета заготовки. Как известно, ВБР чувствительны как к деформации, так и к температуре и, с учетом выполнения определенных требований к конфигурации чувствительного элемента или их совокупности, позволяют осуществлять одновременное измерение деформации и температуры материала конструкции в локальной зоне расположения ВОД.

Встроенные системы оптического НК должны сохранять работоспособность и обеспечивать возможность диагностики с учетом технологических режимов изготовления и реальных условий эксплуатации конкретных изделий, при этом влияние ВОД на механические свойства ПКМ должно быть минимальным. В связи с этим целесообразно сформулировать перечень требований, предъявляемых к ВОД, предназначенных для внедрения в ПКМ.

В общем случае требования к ВОД, интегрируемым в ПКМ, включают в себя следующее:

1. Обеспечение выживаемости и стабильной работы в период и после воздействия предельных условий формования ПКМ: температуры и давления. Для большинства конструктивных ПКМ, например, углекомполитов, предельная температура формования составляет  $(180 \pm 5)^\circ\text{C}$ , давление не более 0,7 МПа. Применительно к трехслойным конструкциям величина давления обычно составляет не более 0,2 МПа при той же температуре формования. Если речь идет о высокотемпературных ПКМ, то значения температуры могут достигать  $400^\circ\text{C}$  и более, например, применительно к материалам на основе термопластичных матриц, что безусловно нужно учитывать при выборе типов волоконных световодов (ВС).

2. Совместимость с компонентами ПКМ [1] – получение качественного монолитного материала, при минимальном влиянии на механические свойства ПКМ и обеспечении необходимой достоверности результатов контроля. Здесь стоит обратить внимание на геометрические параметры ВОД, которые должны быть менее или сопоставимы с толщиной монослоя ПКМ, которая может варьироваться, например, исходя из вида армирующего наполнителя, типа плетения, содержания связующего. Для различных серийно применяемых ПКМ толщина монослоя может изменяться в довольно широких пределах. Защитная оболочка ВОД должна обеспечивать хорошую адгезию к компонентам ПКМ, прежде всего к полимерной матрице, а также термостойкость к воздействию предельных температур формования и эксплуатации, этим условиям в большей степени удовлетворяют ВС с полиимидным покрытием, покрытия ORMOCER или специального покрытия, наиболее совместимые с полимерной матрицей конкретного изделия [2].

3. Сохранение работоспособности с учетом реальных условий эксплуатации. В общем случае изделия из ПКМ находятся в сложнапряженном состоянии при одновременном воздействии температуры, климатических и иных факторов. Пространственная топология ВОД в составе контролируемого изделия должна обеспечивать контроль статических растягивающих, сжимающих, изгибных, сдвиговых и циклических (ресурсных) нагрузок, а также ударного воздействия различной интенсивности. ПКМ, особенно углекомполиты, для которых применение волоконно-оптической системы контроля наиболее актуально, работают в диапазоне упругих деформаций (пластическая деформация практически отсутствует), при этом, как правило, предельная деформация материала конструкции, регистрируемая при разрушении на статику составляет не более 1,5% (15 000 мк). Режимы ресурсных испытаний инструкций из ПКМ могут существенно различаться, число циклов может варьироваться в пределах  $10^3 - 10^7$ , частота нагружения от 1 до 50 Гц в соответствии с программой и методикой испы-

таний конкретного изделия. Применительно к конструкционным углепластикам речь идет о рабочих температурах от  $-60$  до  $+120$  °С, для высокотемпературных материалов рабочая температура составляет  $(300 - 350)$  °С и более. Если не требуется прецизионная точность измерений, как правило, она не нужна, достаточно обеспечить точность измерений по деформации на уровне  $(10-30)$  мк, по температуре  $(0,1-0,5)$ °С. Реальные условия эксплуатации конкретных изделий также сопряжены с влиянием климатических факторов (тепловое, тепло-влажностное старение, тропикоустойчивость, соляной туман, биоповреждения), агрессивных жидкостей (вода, влага, топлива, масла, гидравлические и противообледенительные жидкости, жидкости для дегазации, дезактивации и дезинфекции и др.), поэтому конфигурация системы встроенного контроля должна выбираться в том числе, исходя из этих граничных условий.

Описанные требования к ВОД, интегрируемым в структуру материала, являются обобщенными и могут корректироваться, исходя из особенностей конкретных ПКМ, конструкций на их основе, а также предельных условий формования и эксплуатации.

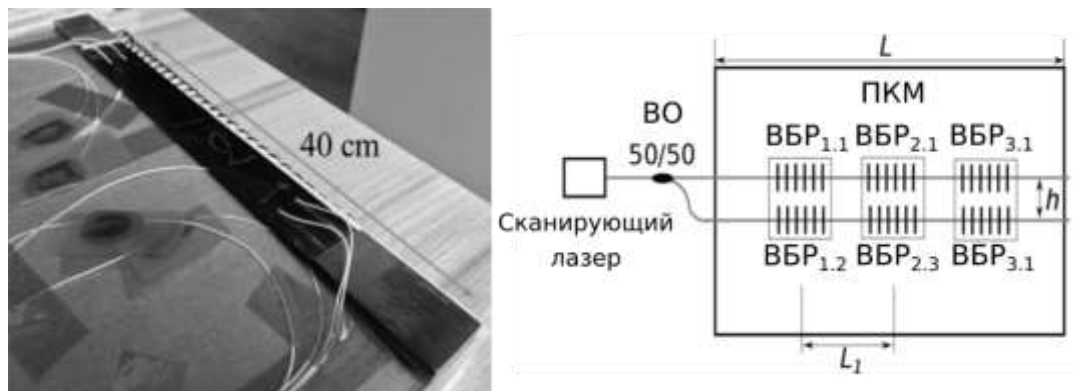
Говоря о современном состоянии оптического контроля в части применения ВБР для одновременного измерения деформации и температуры, стоит отдельно остановиться на возможных вариантах реализации ВОД. Так, в качестве сенсора могут применяться:

- чирпированные ВБР [3, 4] сформированные на участке ВС конической формы, что осложняет применение в ПКМ из-за повышенной хрупкости волокна в области конуса;
- наклонные ВБР, обладающие повышенной связью основной моды сердцевины с модами оболочки за счет наклона плоскости штриха ВБР [5];
- суперструктурированные ВБР [6], сформированные путем последовательной записи отдельных периодически расположенных ВБР, в результате чего в спектре возникает несколько узкополосных пиков, заполняющих определенный спектральный интервал;
- ВС с двумя или более ВБР, наложенными друг на друга по принципу суперпозиции [7, 8];
- микроструктурированные ВБР [9].

Однако, с точки зрения простоты исполнения чувствительных элементов и их коммерческой доступности, для решения задачи одновременного измерения температуры и деформации был применён метод с использованием двух ВС с различной чувствительностью к температуре и/или деформации [10]. При этом, чем больше разница этих чувствительностей, тем выше будет точность измерений. Для аппроксимации относительного смещения спектра ВБР был выбран квадратичный полином по температуре [11] и линейный по деформации.

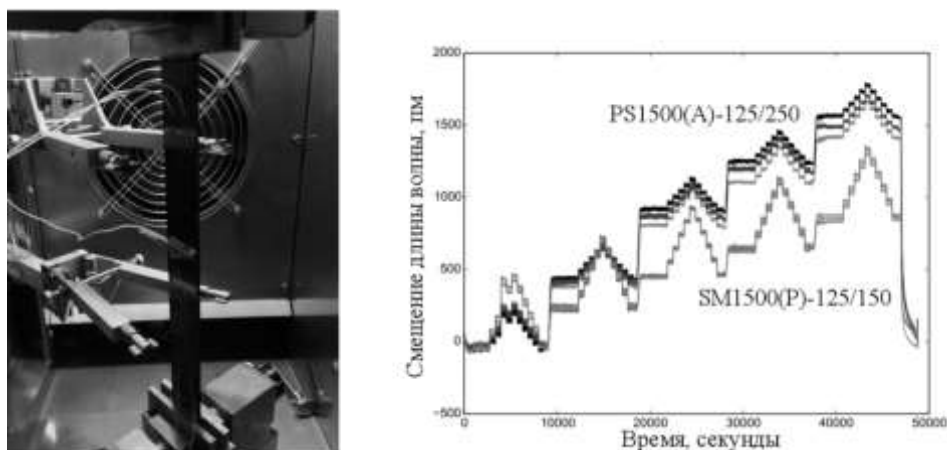
Для проведения экспериментальных исследований была выбрана пара ВС фирмы Fiberscore: легированный германием ВС в полиимидном покрытии SM1500P (9/125) с диаметром 150 мкм, обладающий высокой температурной чувствительностью, и легированный бором ВС в акрилатном покрытии PS1250-1500 с диаметром 250 мкм, обладающее сравнительно низкой температурной чувствительностью. В выбранных ВС при помощи фемтосекундного лазера с длиной волны 1026 нм фемтосекундным методом были записаны по 3 ВБР. Также были собраны пакеты препрега углекомпозиита на основе эпоксидного расплавленного связующего и среднемодульного углеродного жгута размером  $500 \times 500 \times 2$  мм со структурой армирования слоев  $[0]_n$  и методом автоклавного формования изготовлены образцы размером  $400 \times 25 \times 2$  мм [12]. Два ВОД, каждый из которых включал три ВБР с геометрической длиной 2 мм на расстоянии 40 мм друг от друга, располагались между центральными слоями препрега в 1 мм друг от друга па-

параллельно длинной грани образца таким образом, чтобы ВБР находились примерно в его геометрическом центре (рис. 1).



**Рис. 1. Образца из углекомпозиата и топология интегрированных ВОД. ВО – волоконный ответвитель**

Эксперимент проводился на испытательной машине с термокамерой и экстензометром. В ходе испытания образец выдерживали при температурах +30, +55, +80, +100 и +120°C. При каждой температуре производился цикл нагрузки-разгрузки до 2,5 кН с шагом 0,5 кН (рис. 2). Смещения длин волн ВБР измерялись с частотой 1 Гц при помощи интеррогатора Astro A322 с разрешением 1 пм. Деформация образца измерялась при помощи экстензометра с разрешением ~1 мкм. Деформация образца углекомпозиата при продольном осевом растяжении по показаниям экстензометра составила 0,04 % (400 мк). Кроме того, к образцу был прикреплён термометр сопротивления, который фиксировал температуру с точностью 0,04 °С.



**Рис. 2. Результаты проведения эксперимента**

Экспериментально установлено, что точность измерения температуры и деформации для выбранной пары ВС составляет (2,6 – 3,8)°С и (50 – 83) мкв диапазонах (30 – 120)°С и (0 – 400) мк, соответственно. Дополнительно проведенное сравнение линейной и нелинейной аппроксимации показало, что в результате использования нелинейной аппроксимации (полинома второй степени) можно повысить точность определения деформации и температуры в 1,5 – 2,0 раза, по сравнению с линейной аппроксимацией.

В заключение статьи следует отметить, что предлагаемая экспериментальная методика принципиально позволяет одновременно измерять температуру и деформацию.

цию образцов из ПКМ с помощью интегрированных ВОД на основе ВБР. Адаптация описанных методов под условия эксплуатации конкретных композитных конструкций позволит получать детальную информацию о действующих нагрузках, возникающих в материале конструкции при одновременных механических и температурных воздействиях, прогнозировать работоспособность отдельных ее частей и информировать о необходимости их ремонта или замены и, в конечном итоге, позволит перейти от эксплуатации по заданному ресурсу к эксплуатации по фактическому техническому состоянию.

#### Список литературы

1. Fedotov M.Yu., Shiyonok A.M., Mukhametov R.R. Gulyaev I.N. Research of interface of the polymer matrix with optical fibers in smart materials // *Inorganic Materials; Applied Research*. 2018. V 9 (6). P. 1084-1092.
2. Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р., Деев И.С., Махсидов В.В. Защитное покрытие для волоконно-оптических датчиков // *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2016. №9(141). С. 29-34.
3. Frazao O., Melo M., Marques P.V.S., Santos J.L. Chirped Bragg grating fabricated in fused fibre taper for strain-temperature discrimination // *Measurement science and technology*. 2005. № 16. P. 984-988.
4. Kim S., Kwon J., Kim S., Lee B. Temperature-independent strain sensor using a chirped grating partially embedded in a glass tube // *IEEE Photonics Technology Letters*. 2000. № 12-6. P. 678-680.
5. Chehura E., James S.W., Tatam R.P. Temperature and strain discrimination using a single tilted fibre Bragg grating // *Optics communications*. 2007. № 275. P. 344-347.
6. Guan B.O., Tam H.Y., Tao X.M., Dong X.Y. Simultaneous strain and temperature measurement using a superstructure fiber Bragg grating // *IEEE Photonics Technology Letters*. 2000. № 12-6. P. 675-677.
7. Demirel M., Robert L., Molimard J., Vautrin A., Orteu J.-J. Strain and temperature discrimination and measurement using superimposed fiber Bragg grating sensor // *Proc. of the international conference on experimental mechanics*. 2007. P. 639-640.
8. Xu M.G., Archambault J.-L., Reekie L., Dakin J.P. Discrimination between strain and temperature effects using dual-wavelength fibre grating sensors // *Electronics Letters*. 1994. № 30-13. P. 1085-1087.
9. Wu C., Zhang Y., Guan, B.-O. Simultaneous measurement of temperature and hydrostatic pressure using Bragg gratings in standard and grapefruit microstructured fibers // *IEEE SENSORS JOURNAL. VOL. 11. № 2. P. 489-492*.
10. Sivanesan P., Sirkis J.S., Murata Y., Buckley S.G. Optimal wavelength pair selection and accuracy analysis of dual fiber grating sensors for simultaneously measuring strain and temperature. // *Opt. Eng.* 2002. V.41. №10. P.2456-2463.
11. Mahakud R., Kumar J., Prakash Q., Dixit S.K. Study of the nonuniform behavior of temperature sensitivity in bare and embedded fiber Bragg gratings: experimental results and analysis // *Applied Optics*. 2013. V.52. №31. P.7570-7579.
12. Shishkin V.V., Terentyev V.S., Kharenko D.S., Dostovalov A.V., Wolf A.A., Simonov V.A., Babin S.A., Shelemba I.S., Fedotov M.Yu., Shienok A.M. Experimental method of temperature and strain discrimination in polymer composite material by embedded fiber-optic sensors based on femtosecond-inscribed FBGs // *Journal of Sensors*. 2016. T. 2016. P. 3230968.



## ПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ<sup>12</sup> THE TREATMENT OF MEDICINE WASTES BY THE USING OF PLASMA TECHNOLOGIES

Артемов Арсений Валерьевич \* \*\*, Переславцев Александр Васильевич \*,  
Вошинин Сергей Александрович \*, Тресвятский Сергей Сергеевич \*,  
Коробцев Сергей Владимирович \*  
Artemov Arseny Valerevich \* \*\*, Pereslavitsev Alexander Vasilevich \*,  
Voshchinin Sergey Alexandrovich \*, Tresvyatskii Sergey Sergeevich \*,  
Korobtsev Sergey Vladimirovich \*

\* Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ КИ),  
Россия, Москва

\* National Research Center «Kurchatov Institute», Russia, Moscow

\*\* Российская инженерная академия, Россия, Москва

\*\* Russian Academy of Engineering, Russia, Moscow

(e-mail: arsenyart@mail.ru)

**Аннотация:** Приведены данные о переработке медицинских отходов с использованием комплекса высокотемпературного плазменного конвертера (ВТПК) суммарной производительностью 12,5 тыс. тонн в год. Приведена принципиальная технологическая схема комплекса ВТПК, предусматривающая получение базальтоподобного шлака, электрической и тепловой энергии. По специально разработанной программе проведен расчет основных технико-экономических показателей работы комплекса ВТПК и дан анализ влияния на эти показатели основных параметров управления комплексом. Выбраны оптимальные параметры ведения процесса.

**Abstract:** The data on the medicine wastes by the using of plasma facilities technology of High-Temperature Plasma Converter (VTPC) with a total capacity of 12500 tons per year are presented. The basic technological scheme of the VTPC facilities is presented. Plasma facility produces basalt-like slag, electric and thermal energy. The calculation of the basic technical and economic parameters of VTPC plasma facility is performed by the using of specially developed program codes. The analysis of the influence of the plasma facility control settings on these main parameters is given. The optimal parameters of the plasma processing are selected.

**Ключевые слова:** переработка медицинских отходов, плазменные технологии, технико-экономические расчеты, оптимизация.

**Keywords:** treatment medicine wastes, plasma facilities technology, technical and economic analysis, optimization.

Обезвреживание медицинских отходов (МО) является актуальной проблемой во всем мире: инфицированность отходов лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) на несколько порядков превышает этот показатель для городских твердых коммунальных отходов (ТКО). Неправильное обращение с МО способствует быстрому распространению опасных инфекций воздушным и водным путем, что приводит к возникновению массовых заболеваний, несчастных случаев. Ситуация усугубляется прогресси-

---

<sup>12</sup> Работа выполнена в рамках внутренней субсидии НИЦ «Курчатовский институт» №1569

рующим увеличением количества МО год от года [1]. Актуальность проблемы переработки МО многократно возрастает в период эпидемий/пандемий, таких как COVID-19.

В таблице 1 в качестве примера приведен морфологический состав и количество МО крупнейшего ЛПУ г.Москвы – госпиталя им. Н.И. Бурденко.

**Таблица 1. Морфологический состав и количество МО госпиталя им. Н.И. Бурденко**

Фракция	Количество, т/год	Содержание, %
Бумажные отходы (картонная упаковка, салфетки, газеты, оберточная бумага)	484,6	30,32
Пищевые отходы (фрукты, хлеб, остатки пищи, овощи)	103,4	6,47
Текстиль (бинты, вата, салфетки, повязки, хирургическая одежда)	885,6	55,41
Полимерные материалы (шприцы, системы переливания крови и вливаний, капилляры)	100,6	6,29
Стекло (ампулы, банки, флаконы, бутылки и др.)	12,43	0,78
Резина (перчатки, пробки, трубки, катетеры, зонды)	2,58	0,16
Операционные отходы (удаленные органы, конечности)	3,84	0,24
Дезинфицирующие агенты, отработанные лекарственные препараты (просроченные лекарства, остатки агентов после дезинфекции инструментов, помещений, перевязочного материала)	1,88	0,12
Металл (в т.ч. цветной) (иглы, перья, крышки, консервные банки)	1,80	0,11
Гипс (отходы стоматологии, травматологии)	1,60	0,10
<b>ВСЕГО</b>	<b>1598,33</b>	<b>100,00</b>

По элементному составу МО хорошо соответствуют ТКО, что создает возможность переработки МО в смеси с ТКО без каких-либо существенных изменений технологии процесса.

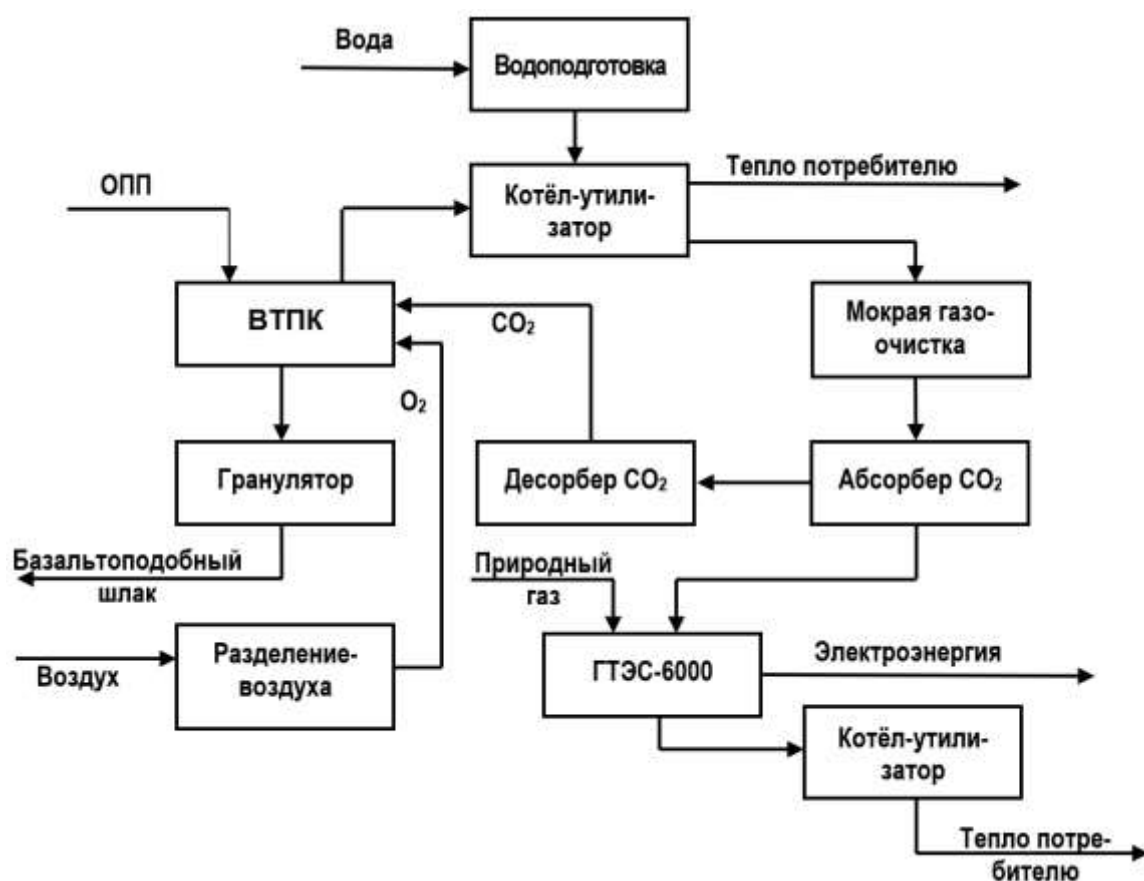
Наилучшими технологиями для переработки МО являются термические методы, из которых предпочтительно использование плазменных технологий, обеспечивающих полную и безопасную переработку этих отходов [1,2]. Плазменная технология переработки МО может быть реализована в высокотемпературном плазменном конвертере (ВТПК), разработанном в НИЦ КИ, устройство и принцип действия которого подробно описаны в [3]. Использование плазменных технологий позволяет перерабатывать сложные по составу и токсичные МО в два полезных продукта: низкокалорийный синтез-газ, пригодный для выработки электрической и тепловой энергии (пар, горячая вода), и базальтоподобный стекловидный шлак, используемый для получения неорганических (базальтовых) волокон.

В настоящей работе приведены результаты технико-экономического анализа работы ВТПК (далее – Комплекса) при переработке МО. Принципиальная схема Комплекса показана на рис.1.

Преимуществом данной технологии перед традиционным сжиганием отходов является практически полное извлечение CO<sub>2</sub> из пирогаза и повторное его использова-

ние в качестве плазмообразующего газа. Кроме того, температурный режим и конструктивные особенности Комплекса практически исключают возможность образования dibензодиоксинов и dibензофуранов.

Технико-экономический анализ проводили для Комплекса с годовой производительностью по отходам 12,5 тыс. т. в год. Эта производительность вполне достаточна для переработки МО крупного ЛПУ (см. табл. 1) и может перерабатывать дополнительное количество МО из других ЛПУ, а в случае необходимости, и ТКО из ближайших источников.



**Рис.1. Принципиальная схема варианта Комплекса**

В состав оборудования Комплекса входит плазменный реактор с четырьмя плазматронами ЭДП–600 и одна станция ГТЭС «Урал – 6000» с суммарной установленной мощностью 6140 кВт, которой вполне достаточно для электропитания плазматронов и дополнительного оборудования. Плазматроны этой мощности (600 кВт) были специально спроектированы, изготовлены и испытаны в НИЦ КИ для их последующего использования в процессах плазменной переработки отходов.

В качестве рабочего плазмообразующего газа в плазматроне используется  $\text{CO}_2$ , а для дополнительного дутья в зону пиролиза ВТПК –  $\text{O}_2$ , который необходим для полного превращения неорганических компонентов сырья и концентрированием продуктов их превращения в базальтоподобном шлаке.

Для анализа процесса плазменной переработки МО и их смеси с другими отходами был разработан алгоритм и программа расчета основных технико-экономических показателей работы Комплекса. Исходные данные и результаты расчета приведены в табл.2.

**Таблица 2 Технологические и экономические показатели плазменной переработки различных отходов в комплексе ВТПК в оптимальных условиях ведения процесса**

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Вид отходов		
			МО, 100%	ТКО, 100%	МО, 50% + ТКО, 50%
1	Дополнительное дутье O <sub>2</sub> в зону пиролиза ВТПК	кг O <sub>2</sub> /1 т отходов	141	153	147
2	Электрическая мощность одного плазматрона	кВт	540	540	540
3	Количество плазмообразующего газа – CO <sub>2</sub>	кг/час	767	787	777
4	Степень замещения природного газа синтез-газом	%	23,7	14,9	19,3
5	Производство электроэнергии	млн. кВт·ч/год	~ 17	~ 17	~ 17
6	Количество базальтоподобного шлака	т/год	2470	1213	1842
7	Количество вырабатываемой тепловой энергии	Гкал/год	94536	95420	94978
8	Срок окупаемости	Лет	11,2	Не удалось достигнуть положительных экономических результатов по всем показателям. Переработка только ТКО не дает прибыли	16,4
9	Норма доходности дисконтируемых затрат		0,80		0,43
10	Валовая прибыль	млн. руб.	310		143
11	Прибыль до налогообложения	млн. руб.	256		90
12	Чистая прибыль	млн. руб.	205		90
13	ЕВИТДА	%	62		43
14	ЕВИТ	%	48		24
15	Рентабельность по чистой прибыли	%	38	24	
16	Капитальные затраты	млн. руб.	2736	2741	2739

Проведенные расчеты показывают возможность и перспективность использования плазменной технологии для переработки медицинских отходов. Основные преимущества использования этой технологии заключаются в следующем:

- 1) полная переработка отходов с выработкой полезной и реализуемой продукции в виде электрической и тепловой энергии и сырья для производства неорганических волокон (базальтоподобный шлак),
- 2) отсутствие токсичных выбросов, включая дибензодиоксины и дибензофураны,
- 3) окупаемость произведенных затрат,
- 4) возможность переработки сырья с содержанием воды, минимальные затраты на подготовку сырья к переработке,
- 5) возможность оптимизации технологического режима с целью получения наилучших показателей процесса.

### Список литературы

1. Рахманов Ю.А. Обезвреживание медицинских отходов: пути решения, опыт, технологии. // Рециклинг отходов, 2006, №3, С. 16.
2. Вошинин С.А., Артемов А.В., Переславцев А.В., Кулыгин В.М. Новые технологии высокотемпературной пиролизической переработки отходов. // Твердые бытовые отходы, 2017, №8, С. 28.
3. Артемов А.В., Крутяков Ю.А., Кулыгин В.М., Переславцев А.В., Кудринский А.А., Тресвятский С.С., Вошинин С.А. Способ плазменно-каталитической переработки твердых бытовых отходов. Патент РФ 2504443 // Б.И. 2014, №2.

УДК 69.003

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЁТКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ APPLICATION OF THE FUZZY MODEL THEORY FOR ASSESSMENT OF RISKS IN CONSTRUCTION

**Пальчунов Дмитрий Евгеньевич\*\*\*, Болдырев Игорь Анатольевич\*\*  
Palchunov Dmitry Evgenevich \*,\*\*, Boldyrev Igor Anatolievich \*\***

*Новосибирское региональное отделение Российской инженерной академии  
\* Институт математики СО РАН им. С.Л.Соболева, Россия, Новосибирск*

*\* Sobolev Institute of Mathematics, Russia, Novosibirsk*

*(e-mail: palch@math.nsc.ru)*

*\*\* Новосибирский государственный университет, Россия, Новосибирск*

*\*\* Novosibirsk state University, Russia, Novosibirsk*

*(e-mail: bia10@yandex.ru)*

*Аннотация:* Статья посвящена разработке теоретико-модельных методов формализации рисков и технологий управления рисками в предметной области строительства. Предлагаемые методы основаны на использовании семантической модели для формального описания предметной области, а также аппарата булевозначных и нечётких моделей для оценки вероятности и значимости рисков.

*Abstract:* The article is devoted to the development of model-theoretical methods for formalizing risks and risk management technologies in the construction domain. The proposed methods are based on the use of a semantic model for the formal description of the domain, as well as the apparatus of Boolean-valued and fuzzy models for assessing the probability and significance of risks.

*Ключевые слова:* управление рисками, нечёткая модель, булевозначная модель.

*Keywords:* risk management, fuzzy model, Boolean-valued model.

Предметная область строительства характерна наличием сложных бизнес-процессов, объединяющих большое количество инженеринговых, проектных, подрядных, производственных, логистических структур и компаний. Для каждого из объектов, которые предполагается строить, будь то административное здание, коммерческая недвижимость, складские или производственные помещения, жилая недвижимость и т.д., имеются свои градостроительные, юридические и финансово-экономические тре-

бования. Отсутствие формализации требований к строительству ведет к усилению существующих рисков и появлению новых.

Проблема управления рисками предприятий в настоящий момент времени является крайне актуальной. Решению этой проблемы посвящено большое количество работ. Рассматриваются как общие методологические подходы к управлению рисками и оценке рисков [1-4], так и работы, исследующие проблемы управления рисками в конкретных областях [5-8]. Достаточно большое количество публикаций посвящено управлению рисками строительных предприятий [9-13]. Особой интерес с точки зрения нашего исследования представляют работы, посвященные онтологическим методам управления рисками [14-16]. Одной из наиболее важных задач является разработка точных математических методов оценки вероятности и значимости рисков. Для решения этой задачи используются как статистические методы [17, 18], так и методы, основанные на применении нечетких логик [19] и нечетких множеств [20].

Строительство на сегодняшний день является одной из важнейших капиталоемких отраслей экономики нашей страны, требует значительных и достаточно долгосрочных финансовых вложений. Поэтому планирование и учет рисков очень важны для достижения положительного финансового результата. Некачественное планирование, неточный или недостаточный обмен данными, недостатки контроля за внешней и внутренней средой проекта, неудовлетворительная система управления и отсутствие риск-менеджмента приводят к плачевным последствиям. Создание системы эффективного управления строительными рисками становится жизненно важным для строительных компаний, банков, финансирующих проекты, властных структур, отвечающих за социальное благополучие граждан.

### **Семантическая модель предметной области строительства**

Строительство - это сложный организационный процесс, где увязываются нормативный (RegTech) (регламентация строительства, требования к размещению объекта и т.д.), инженерный (проектирование сооружения, соблюдение прочностных характеристик и т.д.), экономический (финансовая модель, расчет окупаемости и т.д.), организационный (оргструктура, процессы управления и т.д.) и другие подходы. Чем сложнее процесс, тем важнее построить его понятное описание, согласовать общие термины и определения. Поэтому важно построить семантическую модель, понятную для всех участников бизнес-процессов.

Для разработки семантической модели предметной области строительства мы используем предложенную ранее четырехуровневую модель представления знаний и основанную на ней четырехуровневую семантическую модель предметной области [21-23], содержащую: описание структуры и смысла ключевых понятий, их определения; универсальные (общие) теоретические знания; частные, эмпирические знания (прецеденты предметной области); оценочные и вероятностные знания.

Онтологическая (семантическая) модель содержит четыре составляющие [21-23]: (1) онтология предметной области; (2) общие знания и закономерности предметной области, предложения, которые истинны для любого прецедента; (3) множество прецедентов предметной области, которые существовали ранее или существуют в настоящий момент времени; (4) вероятностные и оценочные утверждения и закономерности – предложения, имеющие нечеткое значение истинности.

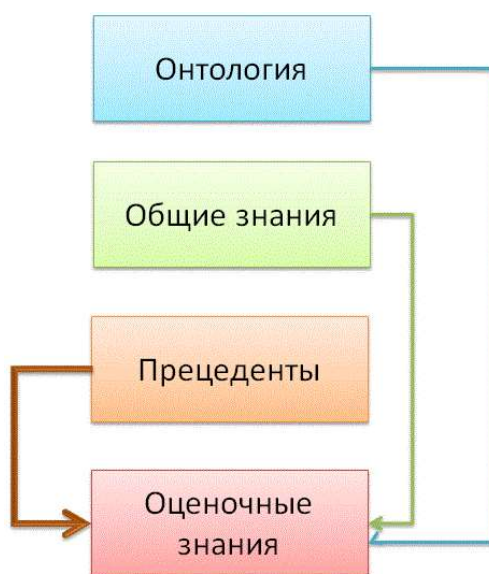
Онтология предметной области включает в себя сигнатуру – множество ключевых понятий предметной области и спецификацию смысла ключевых понятий предметной области, в том числе, определения этих понятий. Онтология может рассматриваться как аналитическая теория предметной области.

Общие (универсальные) теоретические знания – это законы и постулаты предметной области, общие принципы и закономерности, которые на данный момент вре-

мени считаются верными. Они описывают не отдельную ситуацию, а предметную область в целом и являются истинными для всех ситуаций – прецедентов данной предметной области.

Частные эмпирические знания – это описания конкретных ситуаций, прецедентов предметной области. Описание конкретного прецедента может быть неполным, если имеется только частичное знание о данной ситуации. Частные эмпирические знания могут в дальнейшем дополняться, уточняться и изменяться.

Оценочные и вероятностные знания – это предложения (утверждения о данной предметной области), значение истинности которых является нечётким – числом из промежутка  $[0; 1]$ . Они относятся к предметной области в целом, как и универсальные теоретические знания и являются обобщением предыдущего опыта, представленного эмпирическими знаниями. Оценочные и вероятностные знания извлекаются из внешних источников (документов) либо порождаются на основе анализа имеющихся прецедентов – эмпирических знаний.



В рамках разрабатываемого нами теоретико-модельного подхода к оценке рисков, порождение оценочных знаний происходит при помощи фазсификации булево-значных прецедентных моделей, построенных по множеству известных прецедентов данной предметной области (в нашем случае – предметной области строительства).

**Определение.** Онтологической моделью предметной области называется кортеж  $\langle \mathcal{U}, T^a, T^s, T^f \rangle$ , где  $\mathcal{U}$  – прецедентная модель,  $T^a$  – аналитическая теория,  $T^s$  – теория предметной области и  $T^f$  – нечеткая теория модели  $\mathcal{U}$

Онтологическая модель, предназначенная для управления рисками в строительстве: онтологические знания извлекаются из строительных СНиПов и ГОСТов; общие знания извлекаются из учебников, монографий, нормативных актов Минстроя России и местных органов власти (нормативно-правовые документы в строительстве представляет собой совокупность взаимосвязанных нормативных документов, объединенных общими целями и задачами по обеспечению безопасности, повышению эффективности и качества строительства и применяемых на обязательной и добровольной основе при проектировании, изыскании, строительстве, эксплуатации и ликвидации зданий и сооружений) и других источников; знания об объекте строительства извлекаются из проектной документации; эти знания представляются в виде прецедентов и образуют прецедентную модель.

### Применение булевозначных и нечетких моделей для оценки рисков

Для разработки методов формального представления рисков и организации процесса управления рисками мы используем теоретико-модельный подход, основанный на использовании теории булевозначных и нечетких моделей [24, 25]. Ранее мы применяли этот подход для разработки системы управления рисками при обеспечении информационной безопасности предприятия [26] и для предотвращения рисков критических состояний пациентов [21, 23].

Как мы указывали выше, для решения одной из наиболее важных задач – разработки точных математических методов оценки вероятности и значимости рисков используются как статистические методы, так и методы, основанные на применении нечетких логик [19] и нечетких множеств [20]. Однако применение известных нечетких логик сталкивается с проблемой наличия парадоксов и, как следствие, несовместимостью нечетких логик с классической логикой и, соответственно, с математическими моделями, которые, как правило, строятся на основе классической логики. Решению этой проблемы посвящено данное исследование.

Парадоксы нечетких логик. Рассмотрим, например, логику Заде:

$$\mu(\neg\varphi) = 1 - \mu(\varphi), \mu(\varphi \& \psi) = \min\{\mu(\varphi), \mu(\psi)\}, \mu(\varphi \vee \psi) = \max\{\mu(\varphi), \mu(\psi)\}.$$

Примеры парадоксов: пусть формула  $\varphi$  имеет значение истинности  $\mu(\varphi) = \frac{1}{2}$ . Тогда  $\mu(\varphi \& \neg\varphi) = \frac{1}{2}$  и  $\mu(\varphi \vee \neg\varphi) = \frac{1}{2}$  – значения тождественно ложной и истинной формул.

Аналогичные парадоксы имеют и логика Лукасевича, и вероятностная логика. Более того, любая функциональная нечеткая логика, определяемая правилами:  $\mu(\neg\varphi) = n(\mu(\varphi))$ ,  $\mu(\varphi \& \psi) = f(\mu(\varphi), \mu(\psi))$  и  $\mu(\varphi \vee \psi) = g(\mu(\varphi), \mu(\psi))$  для заданных функций  $f$ ,  $g$  и  $n$  будет неизбежно обладать парадоксами и, значит, будет несовместима с классической логикой. Для решения этой проблемы мы используем теорию булевозначных и нечетких моделей [24, 25].

**Определение.** Пусть  $\mathbb{B}$  – полная булева алгебра и  $\tau: S(\sigma_A) \rightarrow \mathbb{B}$ .

Тогда тройку  $\mathfrak{A}_{\mathbb{B}} = \langle A, \sigma, \tau \rangle$  назовём *булевозначной моделью*, если выполняются следующие условия:

$$\tau(\neg\varphi) = \overline{\tau(\varphi)}; \quad \tau(\varphi \vee \psi) = \tau(\varphi) \cup \tau(\psi);$$

$$\tau(\varphi \& \psi) = \tau(\varphi) \cap \tau(\psi); \quad \tau(\varphi \rightarrow \psi) = \overline{\tau(\varphi)} \cup \tau(\psi);$$

$$\tau(\forall x\varphi(x)) = \bigcap_{a \in A} \tau(\varphi(c_a)); \quad \tau(\exists x\varphi(x)) = \bigcup_{a \in A} \tau(\varphi(c_a)).$$

**Определение.** Рассмотрим булевозначную модель  $\mathfrak{A}_{\mathbb{B}} = \langle A, \sigma, \tau \rangle$  с  $\tau: S(\sigma_A) \rightarrow \mathbb{B}$

и гомоморфизм  $h: \mathbb{B} \rightarrow [0,1]$  частично упорядоченных множеств с константами 0 и 1.

Тройку  $\mathfrak{A}_{\mu} = \langle A, \sigma_A, \mu \rangle$  назовём *нечёткой моделью*, полученной фаззификацией булевозначной модели  $\mathfrak{A}_{\mathbb{B}}$  с помощью гомоморфизма  $h$  если для любого предложения  $\varphi \in S(\sigma_A)$  выполнено  $\mu(\varphi) = h(\tau(\varphi))$ .

**Определение.** Рассмотрим булевозначную модель  $\mathfrak{A}_{\mathbb{B}} = \langle A, \sigma, \tau \rangle$  с  $\tau: S(\sigma_A) \rightarrow \mathbb{B}$ , пусть на полной булевой алгебре  $\mathbb{B}$  задана аддитивная мера  $\nu$ .

Тройку  $\mathfrak{A}_{\mu} = \langle A, \sigma_A, \mu \rangle$  назовём *нечёткой моделью*, полученной фаззификацией булевозначной модели  $\mathfrak{A}_{\mathbb{B}}$  с помощью меры  $\nu$  если для любого предложения  $\varphi \in S(\sigma_A)$  выполнено  $\mu(\varphi) = \frac{\nu(\tau(\varphi))}{\nu(1)}$ .

**Теорема [25].** Для любых  $\varphi, \psi \in S(\sigma_A)$



а)  $\varphi$  тождественно истинно в логике предикатов тогда и только тогда, когда для любой обобщённой нечеткой модели  $\mathfrak{A}_K$  выполнено  $\xi_K(\varphi) = \{1\}$ ;

б)  $\varphi \sim \psi$  в логике предикатов тогда и только тогда, когда для любой обобщённой нечеткой модели  $\mathfrak{A}_K$  выполнено  $\xi_K(\varphi) = \xi_K(\psi)$ .

Таким образом, теория нечетких моделей является консервативным расширением классической теории моделей. В рамках классической теории моделей строятся модели физических и механических процессов, лежащих в основе технологий проектирования строительных конструкций. Это означает, что нечеткие модели, формально описывающие строительные риски могут без проблем интегрироваться моделями, описывающими технологические процессы строительства зданий, соответствующие строительным нормам и правилам.

Оценка вероятности и значимости рисков в рамках данного подхода осуществляется следующим образом. Исходя из имеющихся знаний о сработавших рисках создаётся база знаний, на основе которой строится прецедентная модель рисков в сфере строительства, являющаяся булевозначной моделью. Исходя из экспертных оценок на данной булевозначной модели, определяется мера, при помощи которой строится её фазсификация – нечёткая модель. Эта нечёткая модель задаёт нечёткие значения истинности предложений логики предикатов первого порядка, описывающих вероятность и значимость конкретных рисков.

### Заключение

В работе исследуется задача построения математической модели оценки рисков в сфере строительства. Предложен подход, основанный на применении теории булевозначных и нечётких моделей. В дальнейшем предполагается развитие этого подхода и разработка программной системы оценки вероятности и значимости рисков строительных проектов. На основе предложенного подхода возможно развитие общих положений классификации рисков, справедливых для всех видов строительной деятельности и не зависящих от конкретной спецификации объекта строительства.

### Список литературы

1. *Sokratis K. Risk Maagemant / Sokratis K., Katsikas // Computer and Information Security Handbook (Second Edition), 2013, P. 905-927.*
2. *Taran, Yariv, Boer, Harry, Lindgren, Peter. Incorporating Enterprise Risk Management in the Business Model Innovation Process // Journal of Business Models, Vol. 1, No. 1. — 2013. — P. 38-60.*
3. *Проскочина О.Г. Философские предпосылки и основы развития теории управления рисками // Университетский научный журнал (Санкт-Петербург) ISSN: 2222-5064, 2014, С 82-89.*
4. *Xu, Jianren, Berry- Stölzle, Thomas R. Enterprise Risk Management and the Cost of Capital // Journal of Risk & Insurance (September 2016). — 2016. — P. 17-36.*
5. *Балдин К. В. Управление рисками в инновационно-инвестиционной деятельности предприятия: учебное пособие / К.В. Балдин, И.И. Передеряев, Р.С. Голов. 3-е изд. М.: Дашков и Ко, 2013. 418 с.*
6. *Пальцун И.Н. Риски мошенничества и коррупции на карте ключевых бизнес-рисков корпорации /Пальцун И.Н., Шухман М.Э. // Мир науки и образования. 2016. № 3 (7). С. 2.*
7. *Alam, Ali Yawar. Steps in the Process of Risk Management in Healthcare // Journal of Epidemiology and Preventive Medicine (October 2016). — 2016. — 5 p.*
8. *Yang, Songling, Ishtiaq, Muhammad, Anwar, Muhammad. Enterprise Risk Management Practices and Firm Performance, the Mediating Role of Competitive Advantage and*

the Moderating Role of Financial Literacy // Journal of Risk and Financial Management (Jine 2018). — 2018. — P. 6-12.

9. *Доронкина Л.Н.* Управление инвестиционными рисками в строительстве: автореф. дис. д-ра экон. наук. - М., 2007. - 42 с.

10. *Петухова Т. В.* Система риск-менеджмента в подрядных строительных компаниях: диссертация кандидата экономических наук : 08.00.05 / С.-Петербург. гос. эконом. ун-т. -СПб., 2014. 181 с.

11. *Романюк И.А., Горбунов В.Н., Сеницын М.А.* К вопросу об управлении рисками строительных предприятий при выполнении государственных заказов // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51881>.

12. *Грабовой П. Г.* Управление рисками в недвижимости: учебник / под общ. ред. П. Г. Грабового. – М. : Проспект, 2017. – 434с.

13. *Величко В.В., Иванов А.В., Забабурина И.Г.* Управление рисками строительных проектов. Серия «Управление строительными проектами». 2019 г., 214 стр. Научное издание.

14. *Черняховская Л.Р., Атнабаева А.Р.* Онтологический инжиниринг управления рисками в производственном процессе с целью обеспечения безопасности пищевых продуктов // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 8. – С. 161-166;

15. *Palmer, C., Urwin, E.N., Niknejad, A. et al.* An ontology supported risk assessment approach for the intelligent configuration of supply networks. J Intell Manuf 29, 1005–1030 (2018).

16. *Vega-Barbas, M.; Villagrà, V.A.; Monje, F.; Riesco, R.; Larriva-Novo, X.; Berrocal, J.* Ontology-Based System for Dynamic Risk Management in Administrative Domains. Appl. Sci. 2019, 9, 4547.

17. *Stephen D. Gottfredson, Laura J. Moriarty* Statistical Risk Assessment: Old Problems and New Applications // In: Crime & Delinquency 52(1):178-200, January 2006.

18. *Ivan S. Blahun, Halyna V. Leshuk* Probabilistic and Statistical Methods of Risk Assessment of Investment Projects of a Region // Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. 2017. №5-6.

19. *Зубкова Т.М., Ишакова Е.Н.* Автоматизация управления рисками программных проектов на основе нечеткого логического вывода // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 5. С. 877–885.

20. *Булавка Ю.А.* Нечетко-множественный подход в управлении рисками и безопасностью на промышленных предприятиях // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1-1 (7). С. 71-76.

21. *C.Naydanov, D.Palchunov, P.Sazonova.* Development of automated methods for the critical condition risk prevention, based on the analysis of the knowledge obtained from patient medical records. In: Proceedings of the International Conference on Biomedical Engineering and Computational Technologies (SIBIRCON / SibMedInfo — 2015), 28-30 October, 2015, Novosibirsk, p. 33-38.

22. *Найданов Ч.А., Пальчунов Д.Е., Сазонова П.А.* Теоретико-модельные методы интеграции знаний, извлечённых из медицинских документов // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. Т. 13, вып. 3, 2015. С. 29–41.

23. *Найданов Ч.А., Пальчунов Д.Е., Сазонова П.А.* Разработка автоматизированных методов предупреждения рисков возникновения критических состояний, основанных на анализе знаний, извлечённых из историй болезней пациентов // Сибирский научный медицинский журнал. 2016. Т. 36. № 1. С. 105-113.

24. Д.Е.Пальчунов, Г.Э.Яхьяева. Нечеткие алгебраические системы. Вестник НГУ. Серия: Математика, механика, информатика. 2010. Т.10, вып. 3. С. 75-93.

25. Пальчунов Д.Е., Яхьяева Г.Э. Нечёткие логики и теория нечётких моделей. Алгебра и логика, 2015. Т. 54. № 1. С. 109-118.

26. Пальчунов Д.Е., Яхьяева Г.Э., Хамутская А.А. Программная система управления информационными рисками RiskPanel. Программная инженерия, № 7, 2011, с. 29–36.

УДК 687.17

## МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ METHODS FOR DESIGNING INTELLIGENT CLOTHING

Белгородский Валерий Савельевич, Гетманцева Варвара Владимировна,  
Андреева Елена Георгиевна  
Belgorodsky Valery S., Getmantseva Varvara V., Andreeva Elena G.

ФГБОУ ВО Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow  
(e-mail: getmantseva@inbox.ru)

*Аннотация.* Научные исследования и инновационные технологии предоставляют широкий диапазон информации для проектирования одежды с принципиально новыми функциями, обеспечивающими комфорт человеку как в экстремальных, так и в обычных условиях жизнедеятельности. Для интеллектуализации процесса проектирования изделий повышенной функциональности рассмотрены актуальные направления использования инновационных технологий в производстве одежды.

*Abstract:* Scientific research and innovative technologies provide a wide range of information for designing clothing with fundamentally new functions that provide comfort to people in both extreme and normal conditions of life. To intellectualize the process of designing products with increased functionality, the current directions of using innovative technologies in the production of clothing are considered.

*Ключевые слова:* интеллектуальная одежда, умные материалы, инновационные технологии.

*Keywords:* smart clothing, smart materials, innovative technologies.

Одним из направлений методов интеллектуализации проектирования одежды является организация взаимодействия информации между свойствами проектируемого объекта и требованиями, предъявляемыми к объекту со стороны субъекта проектирования [1]. Целью данного направления является обеспечение возможности со стороны производителя выпускать одежду, соответствующую ожиданиям субъекта, а со стороны субъекта обозначить своё видение будущего продукта.

Новые взгляды на современную одежду смещены в сторону эргономичности и повышенной функциональности, что предполагает необходимость реорганизации производства на стадии согласования продукта производства с его будущим потребителем.

Интеллектуализация взаимодействия объекта и субъекта в процессе проектирования одежды направлена на обеспечение возможности регулирования параметрами

объекта проектирования для получения продукта, востребованного в конкретное время конкретным потребителем/субъектом [2].

Организация взаимодействия объекта и субъекта может быть реализована несколькими формами (рис. 1):

- активной, когда субъектом диктуются вполне определенные требования и объект однозначно должен им соответствовать, потребности субъекта в данном случае выражены в явном виде;

- диалоговой, когда в процессе диалога выявляются и корректируются скрытые потребности субъекта, описывающие требования к объекту и его свойствам;

- пассивной, когда производитель на основании анализа рынка и других источников выпускает изделие, которое принимается или не принимается субъектом, в данном случае перед производителем стоит задача определения перспективных предпочтений.



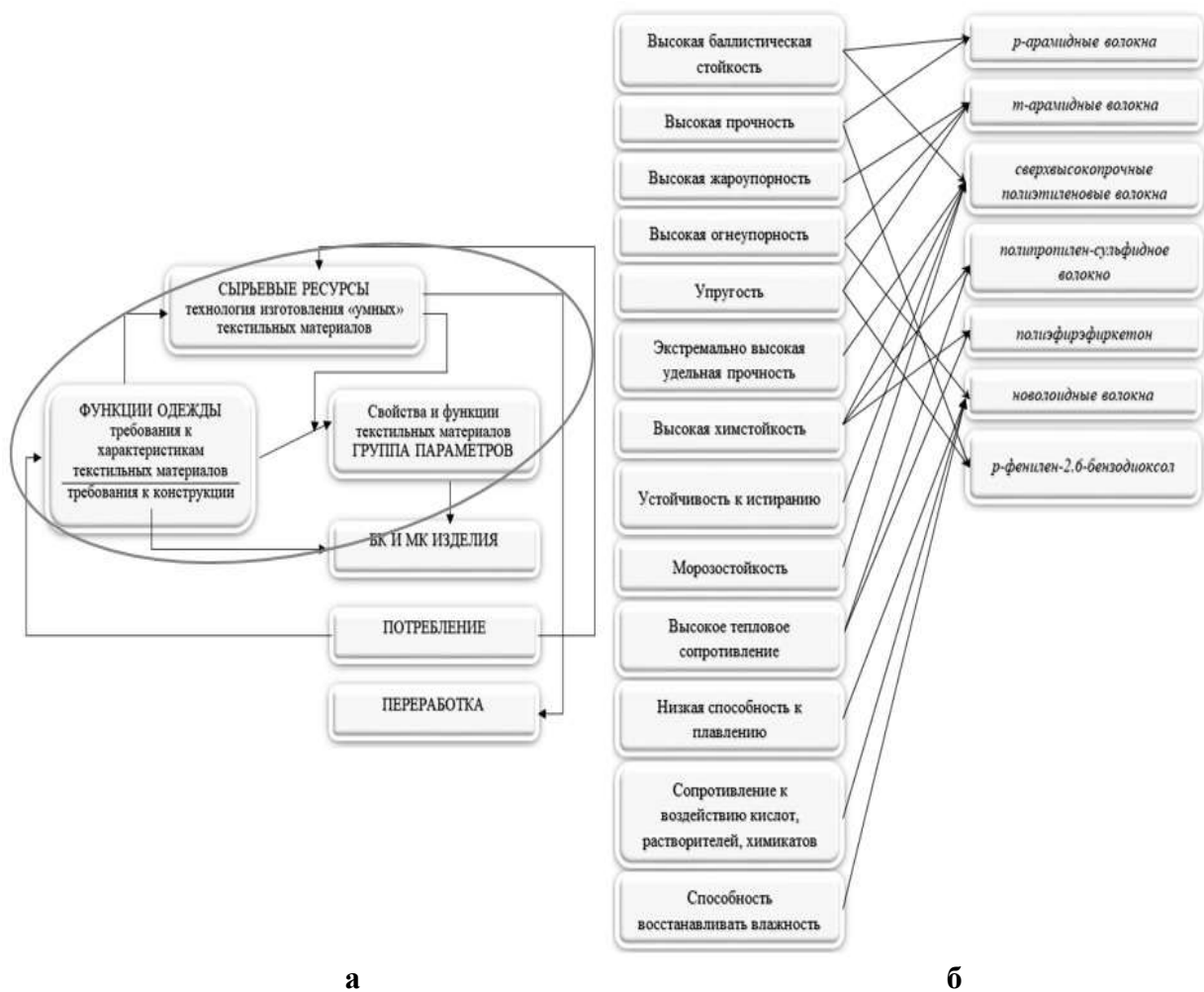
**Рисунок 1 – Формы взаимодействия объекта и субъекта при проектировании одежды повышенной функциональности**

Интеллектуализация при пассивной форме взаимодействия объекта и субъекта предполагает необходимость предугадать потребности субъекта. Для этого производителю нужно владеть информацией о специфике жизнедеятельности потребителя и иметь инструмент для определения и обоснования средств обеспечения субъекту комфорта при использовании одежды. Например, при изготовлении одежды для работы или проживания в условиях повышенной температуры, производителю необходимо использовать технологии, контролирующие и координирующие теплообмен в пододёжном пространстве.

Интеллектуализация при активной форме взаимодействия объекта и субъекта предполагает наличие способов выявления характеристик, описываемых потребителем субъективно. Например, потребителю нужно выступить в костюме на определенном мероприятии. В этом случае производителю необходимо воспользоваться технологией выявления скрытых характеристик «одежды».

Интеллектуализация при диалоговой форме взаимодействия наиболее комфортна и для производителя, и для потребителя. Данный формат обычно используется при надении объекта дополнительной функциональностью, например, сигнальными или информационными функциями. В данном случае необходим инструмент, определяющий технический, технологический и конструктивный способ реализации функции.

Важнейшими факторами, влияющими на эргономические, эксплуатационные и сигнальные свойства одежды являются характеристики материалов, используемые для её изготовления (рис. 2, а). Ориентация современных инновационных технологий на производство и выпуск высокоэффективных волокон, обеспечивает возможность широкого диапазона вариабельности функционала изготавливаемой одежды [3, 4, 5].



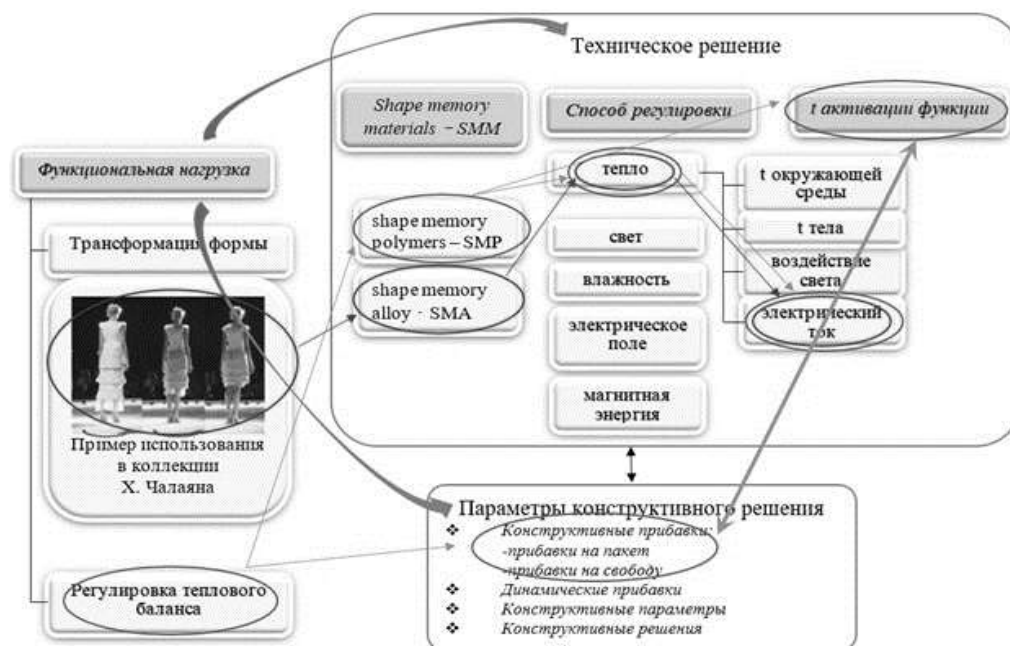
**Рисунок 2 – Информационная схема процесса проектирования интеллектуальных швейных изделий: а) группы регулируемых параметров; б) функциональные характеристики специальных волокон, используемых в производстве «умных» текстильных материалов**

Требования к характеристикам материалов, из которых изготавливается изделие, формируется на основании предпочтений потребителя и условий эксплуатации изделия. Например, ткани из полиамидных и полиэфирных волокон не рекомендуется использовать в антибаллистических изделиях, так как при высоких скоростях деформации увеличивается жесткость материала.

В производстве защитной одежды рекомендуется использование арамидных волокон; сверхвысокопрочных полиэтиленовых волокон; полипропилен-сульфидных волокон; полиэфирэфиркетона и др. (рис. 2, б).

Одним из интересных решений в процессе интеллектуализации процесса проектирования одежды является не просто выбор интеллектуального материала, позволяющего реализовать определённую функцию в одежде, а использование отзывчивого материала, изменяющего функции и параметры одежды. Использование материалов с функцией памяти формы [6, 7, 8] при изготовлении одежды позволяет изменять количественные параметры одежды, в частности габариты: объем, длину, ширину.

В процессе проектирования изделий с использованием функции памяти формы для формирования функциональной составляющей изделия, регулируются технические параметры, характеризующие принцип реализации функции материалом, режим и метод активации этой функции (рис.3).



**Рисунок 3 – Интеллектуализация процесса проектирования швейных изделий с дополнительной функцией памяти формы**

В качестве материалов с функцией памяти формы могут быть использованы сплавы и полимеры.

Среди сплавов, обеспечивающих функцию запоминания формы, выделяют никелид титана (нитинол), который может быть использован как датчик для исполнения функции или как исполнитель функции. К плюсам этого сплава относят высокие показатели прочности, коэффициента восстановления формы, восстанавливающей силы, демпфирующей способности [9]. Из недостатков выделяют высокую цену и низкую технологичность [10].

Полимеры с функцией памяти формы характеризуются более высокими восстанавливаемыми деформациями и способностью сохранять память до трех форм.

Эффект памяти описывается параметрами: скорость восстановления деформации и скорость фиксации деформации.

К наиболее популярным полимерам с функцией памяти формы относятся полиуретаны.

В качестве примера использования функции изменения формы на практике можно привести работу Х. Чалаяна. При создании коллекции весной-лето 2007 года были использованы материалы shape memory alloy – SMA. Номенклатура параметров, за счет которых был достигнут эффект выделена на рисунке 3. Способ активации функции основан на интегрировании в структуру изделий гибких печатных плат, которые пропускают ток через каркас изделия, изготовленный из нитей SMA. За счет такого технического решения возникает возможность вариации формы и силуэта модели одежды, длины, декоративного решения и других параметров.

#### Список литературы

1. Гетманцева В.В., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Методы интеллектуализации процесса проектирования одежды: монография. -М.: Научная библиотека, 2020. - 200 с.
2. Гетманцева В.В., Тюрин И.Н., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Инновационные технологии изготовления «умной одежды» повышенной функциональности: монография. – М.: Научная библиотека, 2020. – 180 с.

3. Бузов Б.А., Жихарев А.П., Мишаков В.Ю., Белгородский В.С., Баранов В.Д. Наноматериалы и их применение в производстве антимикробных материалов на волокнистых носителях// Швейная промышленность. - 2007, №3. - С.35-36.
4. El-Khatib E.M. Antimicrobial and self-cleaning textiles using nanotechnology// Research Journal of Textile and Apparel. - 2012, Vol.16, No.3. - P.156-174.
5. Baima M., Andrew T.L. Fluoropolymer-wrapped conductive threads for textile touch sensors operating via the triboelectric effect// Fibers. - 2018, Vol.6, Is.2. - P.41.
6. Vasile S., Ciesielska I., Van Langenhove L. Wrinkle recovery of flax fabrics with embedded superelastic shape memory alloys wires// Fibres and Textiles in Eastern Europe. - 2012, Vol.93, No.4. - P.56-61.
7. Gök M., Bilir M., Gürcüm B. Shape-memory applications in textile design// Procedia-Social and Behavioral Sciences. - 2015, Vol.195. - P.2160-2169.
8. Yüce I. Shape memory polymers and shape memory alloys: use in smart textiles// International Journal of Development Research. - 2017, Vol.7, Is.11. - P.16730-16736.
9. Boussu F., Bailleul G., Petitniot J., Vinchon H. Development of shape memory alloy fabrics for composite structures// Autex Research Journal. - 2002, Vol.2, No.1. - P.1-7.
10. Lomov S., Moesen M., Stalmans R., Trzcinski G., Van Humbeeck J., Verpoest I. Finite element modelling of SMA textiles: superelastic behaviour// The Journal of The Textile Institute. - 2011, Vol.102, Is.3. - P.232-247.

УДК 691.33

## ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВИРОВАННЫХ КВАРЦЕВЫХ ОТХОДОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ APPLICATION OF ACTIVATED QUARTZ WASTE TO THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT STONE

Косач Анатолий Федорович<sup>1</sup>, Кузнецова Ирина Николаевна<sup>1</sup>,  
Педун Геннадий Алексеевич<sup>2</sup>, Прежин Сергей Евгеньевич<sup>3</sup>  
Kosach Anatoly Fedorovich<sup>1</sup>, Kuznetsova Irina Nikolaevna<sup>1</sup>,  
Pedun Gennady Alekseevich<sup>2</sup>, Prezhin Sergey Evgenyevich<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийск, Ханты-Мансийский автономный округ - Югра

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», г. Омск, Омская область

<sup>3</sup> «Полярный кварц» акционерное общество, г. Нягань Ханты-Мансийский автономный округ – Югра

<sup>1</sup> YugraStateUniversity

<sup>2</sup> Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

<sup>3</sup> «Polar quartz» joint-stock company

*Аннотация:* В статье представлено применение ультрадисперсного наполнителя на основе активированных кварцевых отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата, в структуре цементного камня. Выявлено оптимальное содержание массы активированных кварцевых отходов к массе цемента: без активации – 20:80%;

механической активации – 30:70%; механогидравлической активации – 40:60%; механохимической активации – 50:50% для кварц-цементного вяжущего. Обосновано применение ультрадисперсного наполнителя в цементном камне и в технологии бетонов. Представлены физико-механические характеристики цементного камня при следующих способах активации – механическая, механогидравлическая и механохимическая.

*Abstract:* The article presents the use of ultrafine filler based on activated quartz waste from the production of high-purity quartz concentrate in the structure of cement stone. The optimal content of activated quartz waste mass to cement mass was found: without activation-20:80%; mechanical activation-30:70%; mechanical – hydraulic activation – 40:60%; mechanical-hydrochemical activation-50: 50% for quartz-cement binder. The use of ultrafine filler in cement stone and in concrete technology is justified. The physical and mechanical characteristics of cement stone are presented for the following activation methods: mechanical, mechanical – hydraulic and mechanical-hydrochemical.

*Ключевые слова:* цементный камень, ультрадисперсный наполнитель, кварцевые отходы, ультрадисперсные кварцевые отходы, кварц-цементный камень, коагуляционная структура, прочность при сжатии, теплопроводность.

*Keywords:* cement stone, ultrafine filler, quartz waste, ultrafine quartz waste, quartz-cement stone, coagulation structure, compressive strength, thermal conductivity.

**Цель исследования** состояла в изучении влияния наполнителя, полученного на основе ультрадисперсных кварцевых отходов, на физико-механические показатели цементного камня.

**Методы активации** механическая, механогидравлическая и механохимическая, использованные технологии получения ультрадисперсных частицы.

**Результаты исследований** показали, что применение ультрадисперсного наполнителя на основе активированных кварцевых отходов позволяет улучшить физико-механические показатели цементного камня от 2 до 4%, прочность от 30 до 51%, удельную поверхность минимум в 4 раза и уменьшить коэффициент теплопроводности до 9%.

**Практическая значимость:** предложена технология получения цементного камня с высокими физико-механическими показателями на основе активированных кварцевых отходов к массе цемента: без активации – 20:80%; при механической активации – 30:70%; при механогидравлической активации – 40:60%; при механохимической активации – 50:50% для кварц-цементного вяжущего.

**Новизна** получена более плотная структура цементного камня при механохимической активации, в которой основную объемную долю наполнителя составляют частицы кварцевых отходов размерами менее 10 мкм.

**The purpose** the aim of the study was to study the effect of a filler obtained from ultrafine quartz waste on the physical and mechanical properties of cement stone.

Methods of mechanical, mechanohydraulic and mechanochemical grinding, which were used to obtain ultrafine particles.

**Methodology:** mechanical, mechanohydraulic and mechanochemical grinding, which were used to obtain ultrafine particles.

**Research findings** it was shown that the use of ultrafine filler based on activated quartz waste can improve the physical and mechanical properties of cement stone, increase the density of cement stone from 2 to 4 %, strength from 30 to 51%, specific surface area at least 4 times and reduce the coefficient of thermal conductivity to 9%.

**Practical implications:** A technology for producing cement stone with high physical and mechanical properties based on activated quartz waste to the mass of cement is proposed: without activation-20: 80%; with mechanical activation-30:70%; with hydraulic activation – 40:60%; with hydrochemical activation – 50: 50% for quartz-cement binder.



**Value:** a denser structure of cement stone was obtained at 7% dry activation, in which the bulk of the filler consists of quartz waste particles less than 10 microns in size.

«Прогресс строительного материаловедения и строительной индустрии возможен только на базе современных наукоемких и высоких технологий. Такие технологии должны обеспечивать высокое качество продукции, ее экологическую безопасность, эффективное использование сырья и экономию ресурсов» [1].

В настоящее время технологию бетона трудно представить без использования модификаторов специального назначения, затрагивающих более глубокие механизмы структурообразования. Это так называемые нанодобавки или наномодификаторы, применение которых должно быть осознанным, целенаправленным, то есть научно обоснованным. Которое исходит из возможного их влияния на определенные принципы структурообразования и формирования структурного каркаса цементного камня. Который состоит из ультрадисперстных частиц, негидратированных зерен цемента и межзерновой пустотности, заполненной продуктами гидратаций, с объемом 5-7% капиллярных и гелиевых микропор от общей пористости цементного камня.

Искусственная нано-технология создает нано-системы, как «сверху-вниз», так и «снизу-вверх» (рис.1). Уже сейчас известны явления самоорганизации наноструктурированных вяжущих, в которых протекают процессы самоорганизации веществ на атомно-молекулярном уровне, позволяющие формировать уникальные структуры материала без внешнего влияния [2].

Технология «сверху-вниз» основана на уменьшении размеров физических тел или структурных объектов механическим или другим способом до ультрадисперсных размеров. Процесс измельчения – это не просто уменьшение размеров частиц. Это сложный физико-химический процесс увеличения потенциальной энергии вещества и повышение его химической активности за счет увеличения поверхностной энергии и энергии внутреннего строения.

Технология «снизу-вверх», или механо-синтез, заключается в сборке создаваемой конструкции непосредственно из продуктов гидратации, состоящих из элементарных структурных элементов; атомов, молекул, структурных фрагментов биологических клеток и т.п.» [9].



**Рис.1. Технология получения нано-структурированных вяжущих**

«Процессы гидратации – это типичные формы нано технологических процессов, т.к. они протекают на атомно-молекулярном уровне. Важным является наличие прочного сцепления кварца с новообразованиями. Все это происходит из-за вторичного сцепления зерен кварца, образованными гидратами, перекристаллизовавшимися из пластинок, так как возле этих частиц образуется зона кристаллизованных включений. Поэтому весьма важно, чтобы наполнитель обладал не только большой активностью химического взаимодействия с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и другими продуктами гидратации клинкера, а также имел поверхность наиболее совместимую со структурой кристаллизующихся гидратов, для которых эта поверхность служит подложкой. Это позволяет определить нано-технологические процессы с химико-физическим смыслом цементного геля [10].

Гидраты представлены в виде мельчайших частиц субмикроскопических кристаллов с размерами меньше 0,1 мкм, которые создают в прослойках между гидратированными зернами цемента коллоидную систему - тоберморитовый гель. Между частицами возникают коагуляционные контакты, что приводит к образованию коагуляционной структуры. Особенностью этих контактов является обязательное наличие между частицами тонкой устойчивой прослойки воды (пленочная вода) [7].

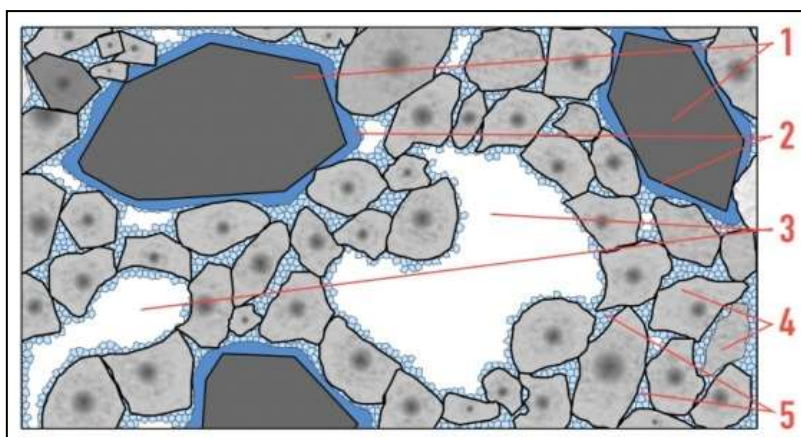
При механохимической активации, пленочная вода, содержащая химическую добавку и нано-размерную пыль, полученную при дроблении нано-размерных частиц, увеличивает плотность жидкости до 7-9%, что усиливает процессы измельчения за счет гидроудара и турбулентности жидкости.

В данной работе активация кварцевых отходов осуществлялась по механической, механогидравлической и механохимической технологиям активации, в мельнице непрерывного действия роторного типа Вьюга-3 (рис.4).

При механическом способе осуществляется только механическая активация. При гидравлическом способе ( $\rho_{H_2O} = 1 \text{ кг/м}^3$ ) механическая, гидравлическая, турбулентная и акустическая активации. Присутствие тонкомолотой активной пыли в растворе пленочной воды, полученной от дробления кварцевых отходов, также участвует в процессах синтеза структурообразования. При механохимическом способе активации, соответственно все способы гидравлической активации и химическая, которая усиливает механизмы гидратации цемента находясь в растворе пленочной воды, к более активному участию в процессах формирования кристаллической упорядоченной структуры цементного камня на атомно-молекулярном уровне. В качестве химического реагента применялась пластифицирующая добавка Мегалит С-3 МЛ в водном растворе ( $\rho_{H_2O+C-3ML} = 1,15 \text{ кг/м}^3$ ).

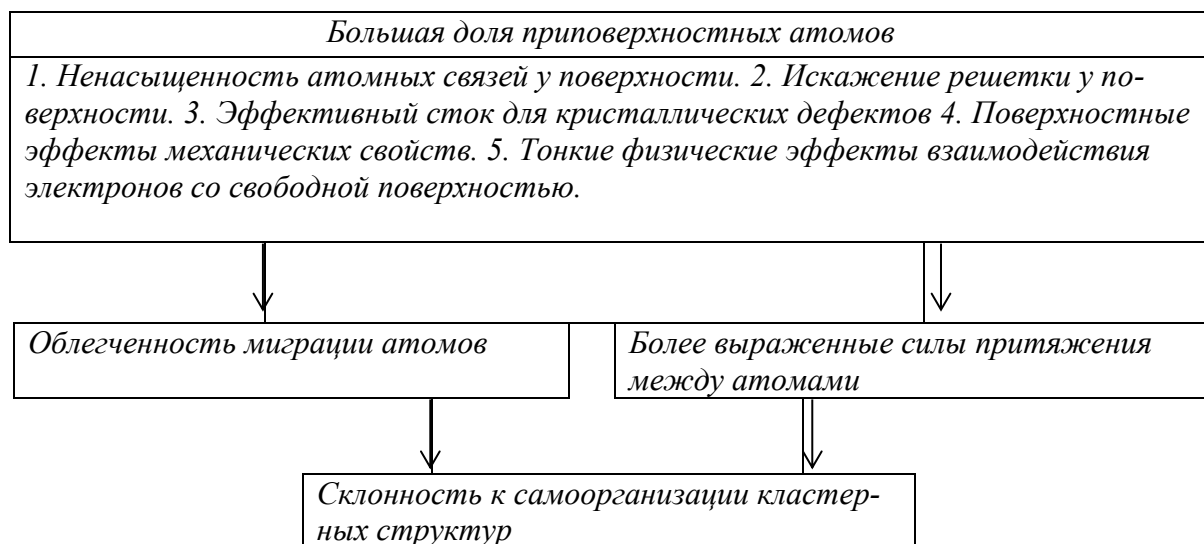
В связи с этим цель исследований состоит в получении цементного камня с высокими физико-механическими показателями за счет модификаторов, полученных при механической, механогидравлической ( $H_2O$ ) и механохимической ( $H_2O$ +добавка «Мегалит С-3МЛ») активациях, на основе ультрадисперсных кварцевых отходов.

В области нано-размерного масштаба частицы имеют качественные эффекты, определяемые зависимостью химических и физических свойств от соотношения числа атомов в приповерхностных и внутренних объемах частиц. Такие частицы и их ансамбли приобретают иную физико-химическую и механохимическую активность, в силу чего могут принципиальным образом изменять процессы синтеза структурообразования и менять термодинамическую и энергетическую обстановку в дисперсной системе, какой является структура кварц-цементного камня (рис. 2).



**Рис. 2. Структура цементного камня с ультрадисперсными частицами кварцевых отходов**  
1 - Негидротированные частицы цемента, 2 - Прослойка воды, 3 - Поры, 4 - продукты гидратации, 5 - ультрадисперсные частицы кварцевых отходов

Эффект от введения нано-размерных частиц проявляется в том, что в нано-системе появляется не только дополнительная граница раздела фаз, но и носители квантово-механических проявлений. В результате физических контактов коагуляционной структуры кваццементного геля происходит облегченность миграции атомов, наблюдаются более выраженные силы притяжения между атомами, что приводит к склонности самоорганизации кластерных структур. На рисунке 3 представлены основные физические причины специфики нано-материалов.



**Рис. 3. Основные физические причины специфики нано-материалов**

#### **Основная часть**

В данной статье рассматривается возможность использования кварцевых отходов в качестве ультрадисперсного нано-наполнителя при производстве бетонов на минеральном вяжущем, что является актуальным решением в плане экономии цемента.

Во время производства особо чистого кварцевого концентрата, образуется большое количество кварцевых отходов до 50% от массы исходного продукта, 24% из которых образуются в отделении первичного обогащения производственного комплекса Усть-Пуйвайи 28% в отделении города Нягань. Их особым свойством является высокое значение полной свободной поверхностной энергии и особенности строения частиц микро-кремнезёма, что обуславливает его высокую химическую активность.

Цель - использование тонкомолотых наполнителей и нано-частиц измельченных отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата, что позволяют создать наноструктурированный бетон, который обеспечит высокие физико-механические показатели.

При этом нанотехнологические процессы имели место в реакциях, связанных с химическим взаимодействием и кристаллизацией новых наноразмерных образований. Подобные процессы протекают при гидратации цемента и других минеральных нанодобавок. Для этого необходимо проанализировать достижения в области гидратации и твердения цементного камня.

Весь процесс структурообразования цементного камня в бетоне можно условно разделить на три основных периода. В каждом периоде, в свою очередь, можно выделить две стадии: первый период – подготовительная стадия и стадия образования структурированной системы (коагуляционной структуры); второй период – стадия образования кристаллического каркаса и его развития (прорастания) и третий период – стадия длительного нарастания прочности структуры рис.4.

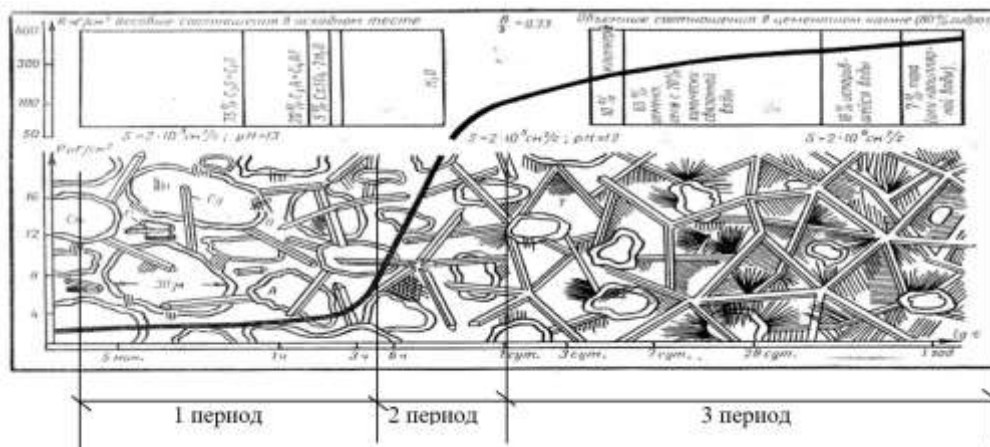


Рис.4 - Схема твердения портландцемента

Эффект от введения наноразмерных частиц в бетон выражается в том, что в системе проявляется не только дополнительная граница раздела фаз, но и носитель квантово-механических проявлений. Поэтому присутствие в системе наночастиц, которые могут существенным образом менять процессы структурообразование и твердения бетона. При определении системы требований к наноразмерным частицам, как к модификаторам структуры бетонов, можно выделить структурообразующий, технологический и экологический аспект.

При твердении бетона происходит дисперсное взаимодействие коллоидных частиц, от которого зависит, в том числе, плотность структуры и характеристика бетонов после завершения гидратации вяжущих. В свою очередь, силы дисперсионного взаимодействия имеют статическую природу, зависят от дисперсности и поверхностной активности наночастиц, при этом напряженность поля при таком взаимодействии механизмов в среднем составляет 10 В/м., что приводит к гигантским резонансным усилениям вблизи поверхности частиц [8].

Результатом структурообразующего участия и модифицирующего влияния наноразмерных частиц, служат взаимодействия механизмов, обеспечивающих плотность упаковки частиц в бетоне и уменьшение его общей пористости; механизмов, связанных с возможностью непосредственного химического участия как центров кристаллизации и механизмов зонирования структур твердения.

Основными физическими контактами коагуляционной структуры цементного геля являются: большая доля приповерхностных атомов; ненасыщенность атомных связей у поверхности; поверхностные эффекты механических свойств; тонкие физические эффекты взаимодействия электронов со свободной поверхностью.

Благодаря вышеуказанным процессам происходит облегченность миграции атомов, наблюдаются более выраженные силы притяжения между атомами, что приводит к склонности самоорганизации кластерных структур. Следовательно, устойчивость физического состояния начальной коагуляционной структуры цементного геля обуславливается взаимодействием составляющих его частиц [3].

Кристаллизационно-конденсационные структуры представляют собой контакты прямого срастания кристаллов соответствующих гидратов. Эти принципиально новые виды связей придают структуре качественно новые физико-механические свойства» [5]. «В отличие от коагуляционной, рассматриваемые структуры под влиянием напряжений деформируются и разрушаются необратимо, самопроизвольно не восстанавливаются. Поэтому механические воздействия (например, вибрирование) на этой стадии с целью совершенствования структуры не только бесполезны, но и вредны. Кристаллизационные контакты, образуя своеобразный жесткий каркас, способствуют резкому уве-

личению прочности материала; вязкопластичное деформирование переходит в упруго хрупкое разрушение. Повышению прочности способствует рост числа контактов прямого срастания, увеличение объёмной концентрации новообразований и плотности геля в пространстве между частицами цемента.

Отличительной особенностью технологии строительных материалов на основе высокодисперсных систем является постоянное присутствие твердой фазы в системе, независимо от присутствия жидкой и газообразной фаз. Твердая фаза является носителем основного свойства строительных материалов – прочности, она участвует в формировании всех трех вышеназванных структур [10].

Частицы твердой фазы являются элементарными «кирпичиками», из которых формируются различные структуры, прочность которых предопределяется, прежде всего, дисперсностью и гранулометрическим составом частиц. Чем меньше размер частиц, тем меньше внутренних дефектов они содержат, и присутствие таких частиц в исходных дисперсных системах является обязательным. В структуре приготовленных исходных дисперсных систем формовочные массы и смеси, различные суспензии и т.д., необходимо различать две составные части: структурный каркас, образованный грубодисперсными частицами, и межзерновая пустотность, состоящая из тонкодисперсных частиц и продуктов гидратации, расположенных в межзерновом пространстве грубодисперсного каркаса.

Исключительно важное место в вышеуказанном периоде твердения цементного геля занимает вопрос о природе сил взаимодействия между структурными компонентами, которые способствуют образованию гидрогеля в камневидное тело в результате короткодействующих ненасыщенных поверхностных валентные силы.

Эти гидраты представлены в виде мельчайших частиц субмикро-кристаллов с размерами меньше 0,1 мкм; они создают в прослойках между гидратированными зёрнами цемента коллоидную систему – тоберморитовый гель. Между частицами возникают коагуляционные контакты, что и приводит к увеличению объёмной концентрации новообразований и как следствие плотности коагуляционной структуры. Особенностью этих контактов является обязательное наличие между частицами тонкой устойчивой прослойки воды (дисперсионной среды). В результате физических контактов коагуляционной структуры цементного геля происходит облегченность миграции атомов, наблюдаются более выраженные силы притяжения между атомами, что приводит к склонности самоорганизации кластерных структур за счет увеличения химико-физических процессов при снижении дисперсности частиц.

Основная цель исследования состояла в получении исследования физико-механических свойств цементного камня с заданными характеристиками, при увеличении химико-физических процессов за счет увеличения удельной поверхности частиц.

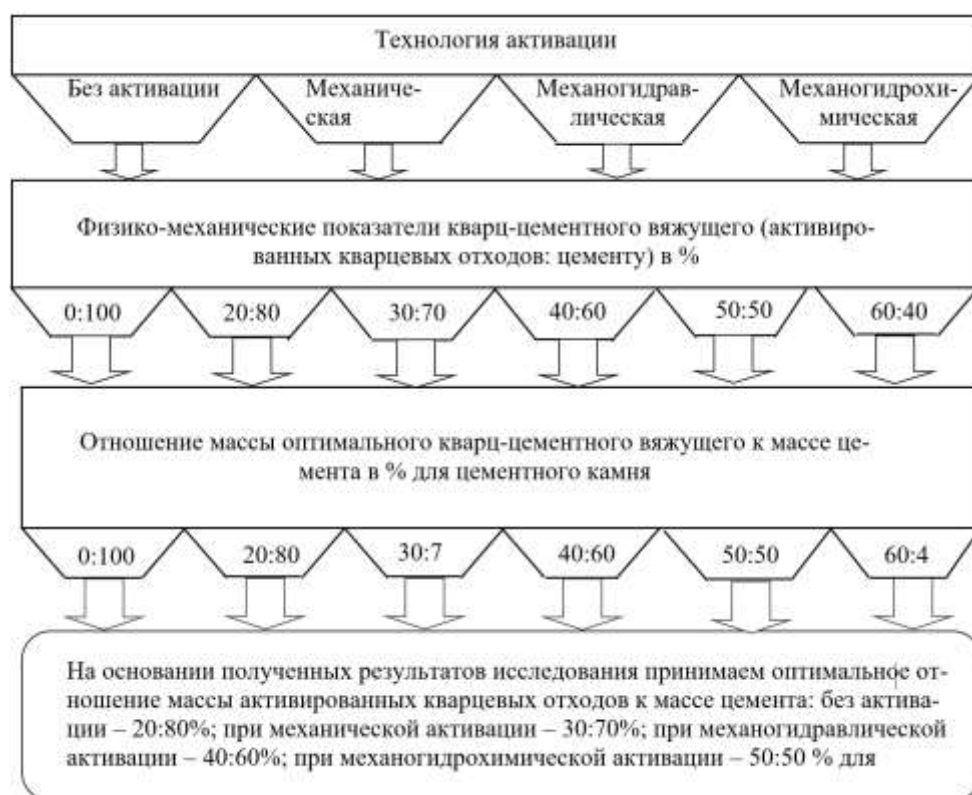
Для решения поставленной цели разработана структурная схема исследования вторичных кварцевых отходов в качестве ультрадисперсного наполнителя при производстве бетонов получаемого наноструктурированного цементного геля с использованием ультрадисперсных кварцевых отходов: «1» - пыль местных отсосов системы аспирации; «2» – отсев классификации пудры основная; «3» – отходы магнитной сепарации крупки.

Результаты испытаний приведены в таблице №1.

Для выполнения исследования применялись следующие материалы:

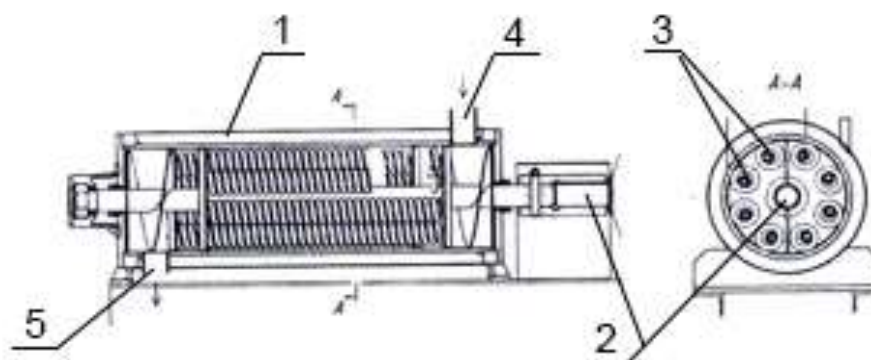
1. Вяжущее вещество – цемент ЦЕМ II/A-III 42,5Н.
2. Кварцевые отходы от производства особо чистого кварцевого концентрата, АО «Полярный кварц». Вторичные: Отходы магнитной сепарации крупки, пудры и пыли классификатора 3-26 мкм.
3. Вода водопроводная.

Образцы изготавливались из цементного теста нормальной густоты с водопотребностью для цемента составляет 100 мл на 400 г. Прочность цементного камня определялась на образцах размерами 2х2х2 см для каждого состава согласно структурной схеме исследования рис. 5.



**Рис.5. Структурная схема исследования**

Для получения высокодисперсных частиц на основе песчано-торфяных смесей использовали мельницу непрерывного действия роторного типа «Вьюга – 3», которая по степени дисперсности в зависимости от технологии активации при сухом помоле позволяет нам получать ультрадисперсные материалы  $10^2$ - $10^3$  нм (рис. 6).

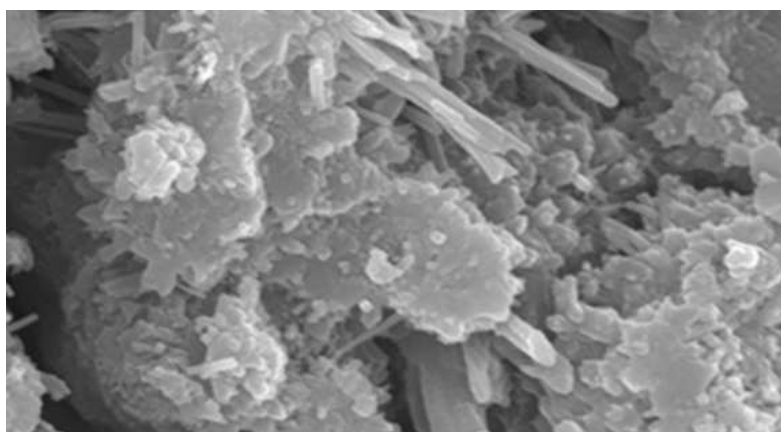


**Рис.6. Мельница непрерывного действия роторного типа «Вьюга – 3».**

Расположение мелющих тел: 1-цилиндрический корпус, 2-цилиндрические мелющие тела - цилиндрические спирали 8 шт., 3-вал с вертикальными пластинами для крепления цилиндрических спиралей (8 шт.), закрепленный в корпусе с помощью подшипников, 4-загрузочное окно, 5-окно выдачи активированного материала

Структуру исследуемых образцов изучали с помощью электронного растрового микроскопа – микроскоп РЭМ 100У. Намикрофотографиях (рис.8) отчетливо видны игольчатые кристаллы и их сростки, характерные для этtringита (гидросульфосиликата кальция). Призматические кристаллы свидетельствует о наличии алита, округлые кристаллы о наличии белита.

На микрофотографии(рис.7) порового пространства и порообразующей перегородки отчетливо видны сростки из хорошо закристаллизованных длиноволокнистых гидросиликатов, образующихся как на границе раздела фаз порообразующей перегородки и пространства поры, так и внутри поры. Эти кристаллизационные контакты образуют своеобразный жесткий каркас, состоящий из волокнистых (игольчатых) кристаллов «прошивающих» поровое пространство бетона, что способствует его упрочнению и повышению предела прочности при сжатии бетона.



**Рис 7. Микроструктура цементного камня (160мкм) с применением активированных вторичных отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата**

Выявлены гидроксиды кальция, кристаллизующиеся в виде удлиненных кристаллов и массивов, данные массивы способствуют увеличению теплопроводности.

На основании данных исследований следует сделать вывод, что тонкомолотая составляющая на основе кварцевых отходов в цементном камне начинает проявлять активность, образуя мосты, связывающие ее с цементной матрицей, а также выполнять роль дискретного армирования. Наличие таких игольчатых наростов может свидетельствовать об увеличении прочностных характеристик материала, т.к. они выполняют армирующую роль в структуре бетона [11].

**Таблица 2 – Физико-механические показатели испытаний образцов цементного камня**

Вид кварцевых отходов (Вторичные)	Технология активации	Физико-механические показатели	Отношение массы кварцевых отходов к массе цемента в %					
			0:100	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40
Отходы магнитной сепарации крупки (размер частиц 25 – 29 мкм, удельная поверхность 858-501 см <sup>2</sup> /г)	Без активации	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{62,7}{100\%}$	$\frac{77,5}{123\%}$	$\frac{76,2}{121\%}$	$\frac{74,3}{118\%}$	$\frac{72,5}{115\%}$	$\frac{70,0}{111\%}$
	Механическая активация	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{62,5}{100\%}$	$\frac{78,1}{125\%}$	$\frac{82,0}{131\%}$	$\frac{79,4}{127\%}$	$\frac{77,5}{124\%}$	$\frac{75,6}{121\%}$
	Механогидравлическая активация P= 1 гр/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{63,2}{100\%}$	$\frac{79,6}{126\%}$	$\frac{82,2}{130\%}$	$\frac{87,8}{139\%}$	$\frac{85,3}{135\%}$	$\frac{82,8}{131\%}$
	Механогидахимическая активация P= 1,15 гр/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{62,9}{100\%}$	$\frac{79,9}{127\%}$	$\frac{84,9}{135\%}$	$\frac{89,3}{142\%}$	$\frac{92,5}{147\%}$	$\frac{90}{144\%}$

Отсев классификации пудры ос- новная Размер частиц от 7 до 11 мкм, удельная поверхность 3249-1817 см <sup>2</sup> /г)	Без активации	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{61,1}{100\%}$	$\frac{65,4}{107\%}$	$\frac{68,4}{112\%}$	$\frac{70,3}{115\%}$	$\frac{65,7}{107\%}$	$\frac{64,2}{105\%}$
	Механическая активация	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{63,3}{100\%}$	$\frac{68,9}{109\%}$	$\frac{72,8}{115\%}$	$\frac{74,1}{117\%}$	$\frac{71,5}{113\%}$	$\frac{69,5}{110\%}$
	Механогидравли- ческая активация P= 1 гр/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{63,6}{100\%}$	$\frac{69,7}{110\%}$	$\frac{78,8}{124\%}$	$\frac{82,0}{129\%}$	$\frac{80,8}{127\%}$	$\frac{78,7}{124\%}$
	Механогидрахи- мическая актива- ция P= 1,15 гр/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{64,1}{100\%}$	$\frac{76,3}{119\%}$	$\frac{80,1}{125\%}$	$\frac{82,7}{129\%}$	$\frac{81,4}{127\%}$	$\frac{78,2}{122\%}$
Пыль местных отсосов системы аспирации Размер частиц от 3 до 6 мкм, удельная поверхность 8017-4052 см <sup>2</sup> /г)	Без активации	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{59,7}{100\%}$	$\frac{68,6}{115\%}$	$\frac{72,2}{121\%}$	$\frac{77,0}{129\%}$	$\frac{78,2}{131\%}$	$\frac{75,8}{127\%}$
	Механическая активация	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{62,3}{100\%}$	$\frac{72,9}{117\%}$	$\frac{76,0}{122\%}$	$\frac{81,6}{131\%}$	$\frac{85,4}{137\%}$	$\frac{82,9}{133\%}$
	Механогидраме- ханическая акти- вация P= 1 гр/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{62,9}{100\%}$	$\frac{74,8}{119\%}$	$\frac{80,5}{128\%}$	$\frac{87,4}{139\%}$	$\frac{89,9}{143\%}$	$\frac{88,0}{140\%}$
	Механогидрахи- мическая актива- ция P= 1,15 гр/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	$\frac{63,1}{100\%}$	$\frac{78,7}{125\%}$	$\frac{84,4}{134\%}$	$\frac{90,0}{143\%}$	$\frac{95,1}{151\%}$	$\frac{91,4}{146\%}$

Полученные результаты показывают, что чем выше удельная поверхность наполнителя, получаемого из отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата на заводе в г. Нягань, тем он активнее взаимодействует с другими продуктами гидратации с более быстрым протеканием реакции и образованием тонкодисперсных гидратов.

Физико-механические показатели полученных образцов определялись на приборах: весовое распределение размера частиц определяли с помощью лазерного анализатора частиц «MicroSizer 201». Удельная поверхность и средний размер частиц определены на приборе ПСХ-12. Теплопроводность и термическое сопротивление образцов определяли методом стационарного теплового потока прибором ИТП-МГ4 в соответствии с ГОСТ 7076-99. Для измерения массы данных образцов-кубиков применяли весы ГОСМЕТР ВЛТЭ-150. Предел прочности при сжатии образцов-кубиков из цементного камня размером 2x2x2 см определен на установке с цифровым модулем для сжатия бетонных образцов МАТЕСТ в возрасте 28 суток, приготовленных из портландцемента нормальной плотности. Структуру исследуемых образцов изучали с помощью электронного растрового микроскопа – микроскоп РЭМ 100У.

Полученные результаты показывают, что при оптимальном соотношении 50:50 массы кварцевых отходов к массе цемента увеличиваются его прочностные характеристики до 30-51%.

#### Заключение

На основании полученных результатов при использовании активированных отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата на заводе в г. Нягань позволяется экономить цемент в зависимости от технологии активации от 25 до 45%.

Применение ультрадисперсного наполнителя на основе активированных кварцевых отходов позволяет улучшить физико-механические показатели цементного камня. Увеличить плотность цементного камня от 2 до 4 %, прочность от 30 до 51%, удельную поверхность минимум в 4 раза и уменьшить коэффициент теплопроводности до 9%.



На основании полученных результатов, по использованию активированных кварцевых отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата в качестве ультрадисперсного кварц-цементного вяжущего, подобрано эффективное соотношение массы активированных кварцевых отходов к массе цемента: без активации – 20:80%; при механической активации – 30:70%; при гидравлической активации – 40:60%; при гидрохимической активации – 50:50% для кварц-цементного вяжущего) с областью применения, как для промышленного, так и для гражданского строительства. Можно предположить, что внедрение в производство полученных результатов исследований приведет к притоку значительных инвестиций в Ханты-Мансийский автономный округ, что положительно скажется на экономическом и социальном положении в округе, а также позволит решить экологические проблемы региона.

Применение ультрадисперсного наполнителя на основе активированных кварцевых отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата, позволит сократить затраты при производстве чистого кварца и понизить себестоимость выпускаемых кварцевых концентратов, повысить конкурентную способность продукции, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду от деятельности предприятия, отходы от производства требуют утилизации данного продукта, затрат на упаковку, временное хранение, доставку до полигона по утилизации, содержание полигона и затрат на рекультивацию территории, занятых под утилизацию отходов обогащения.

#### Список литературы

1. *Гусев Б. В.* Нанотехнологии в строительстве № 5.2010 / II Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» / II съезд инженеров России 25-26 ноября 2010 г. // Научный интернет журнал Nanobuild.ru URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения 12.01.18г.);
2. *Белов В. В.* Нанотехнологии в строительстве № 5/2010 / II Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» / II съезд инженеров России 25-26 ноября 2010 г. // Научный интернет журнал Nanobuild.ru URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения 12.01.18г.);
3. *А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, С. В. Данилов, Н. А. Гутарева,* Технология и производство ячеистых бетонов на основе отходов кварца // Вестник СибАДИ: Научный рецензируемый журнал. – Омск: ФГБОУ ВПО «СибАДИ». - № 3 (31). 2013.-142. URL: <https://vestnik.sibadi.org/> (дата обращения 16.01.18г.);
4. *Балоян Б.М., Колмаков А.Г., Алымов М.И., Кротов А.М.* Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие /Б. М. Балоян, - М.: ГБОУ ВО МО университет Дубна, 2007. – 125 с.
5. *Kuznetsova I.N., Darulis M.A., Kosach A.F.* TECHNOLOGY OF FOAM CONCRETE PRODUCTION WITH ULTRADISPERSED QUARTZ WASTE. В сборнике: IOP-Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012031.
6. Модифицирование структуры цементного камня микро- и наноразмерными частицами кремнезема (вопросы теории и приложений)/ Е.М. Чернышов, Д.Н. Коротких // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2008. No5. С. 30–32.
7. *Тимашев В.В., Сычева И.И., Никонова Н.С.* Структура самоармированного цементного камня / Тимашев В.В. Избранные труды. Синтез и гидратация вяжущих материалов. М.: Наука, 1986. С.390–400.
8. *Шмитько Е.И., Крылова А.В., Шаталова В.В.* Химия цемента и вяжущих веществ // Проспект науки. – СПб, 2006, 206 с.
9. *Лесовик В.С.,* О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» // Строительные материалы, 2006. №28 18-20 с.

10. А. Ф. Косач, С. В. Данилов, Н. А. Гутарева Н.А. Коротаев, Влияние использования наноразмерных цементно-кремнеземистых систем на прочностные характеристики цементного камня // Нанотехнологии в строительстве: Научный Интернет-журнал. - №3. 2014. URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения 12.01.18г.);

11. Кузнецова И. Н. Влияние химического и минерального состава цемента на теплоизоляционные свойства пенобетона: дис. ... к.т.н.: 05.23.05. Новосибирск, 2009.

УДК 658.512.2

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОПЛОЩЕНИЯ ЗАМЫСЛА ДИЗАЙНЕРА MODERN TECHNOLOGIES OF IMPLEMENTATION THE DESIGNER'S IDEA**

**Алибекова Марият Исмаиловна, Андреева Елена Георгиевна  
Alibekova Mariyat Ismailovna, Andreeva Elena Georgievna**

*Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва  
The Kosygin State University of Russia, Russia, Moscow  
(e-mail: mariyat-alibekova@yandex.ru)*

*Аннотация:* С развитием инновационных и интеллектуальных технологий проектирования и производства изделий расширяются возможности создания новых уникальных материалов и моделей одежды, отвечающих широкому спектру функциональных требований и помогающих наиболее достоверно воплощать замысла дизайнера с помощью современных технических средств.

*Abstract:* With the development of innovative and intelligent technologies for the design and manufacture of products, the possibilities for creating new unique materials and clothing models that meet a wide range of functional requirements and help to most reliably embody the designer's ideas using modern technical means are expanding.

*Ключевые слова:* инновационные технологии, замысел дизайнера, виртуальные модели одежды.

*Keywords:* innovative technologies, designer's intention, virtual clothing models.

С развитием информационных технологий ведутся разработки интеллектуальной одежды нового поколения, реагирующей как на внешние воздействия [1, 2], так и на внутреннее состояние человека [3, 4]. Специальные конструктивные решения и технологии изготовления придают новым моделям одежды уникальные свойства и возможности, расширяя сферу её использования. К используемым материалам предъявляются особые требования, учитывающие условия, в которых предполагается использовать одежду, в том числе задают диапазоны варьирования параметров прочности, водо- и воздухопроницаемости, формообразования, формоустойчивости, драпируемости и других свойств, чтобы достоверно воплощать материале модели одежды, задуманные дизайнерами.

В конструировании и художественном моделировании костюма целесообразно применять инновационные технологии и научно-технические достижения, находить наилучшие гармоничные и композиционные соотношения элементов, определяющие

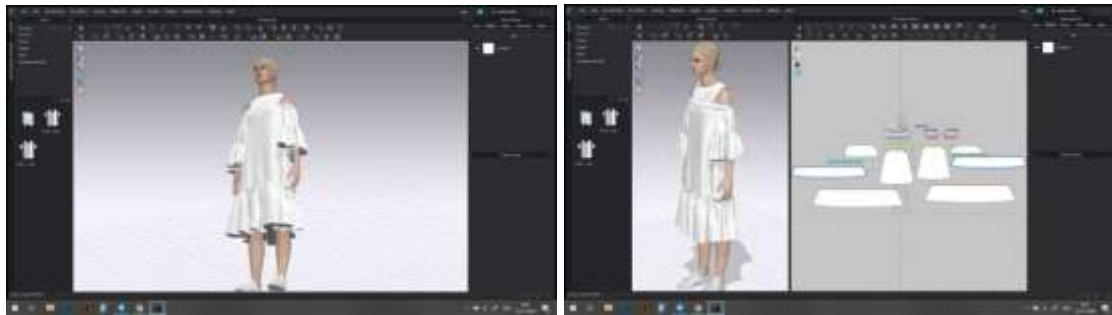
создаваемый внешний образ изделий [5], соответствующих эстетическим требованиям потребителей и критериям эффективности производителей, что способствует расширению ассортимента дизайнерской одежды, выпускаемой в промышленных условиях [6]. В процессе проектирования новых моделей одежды формируется качество производимых изделий и закладывается экономическая эффективность их изготовления. Изменчивость модных тенденций, влияние средств массовой информации и социальных сетей, развитие новых технологий и материалов, представленные на рынке товары влияют на варьирование потребительских требований к модельному и ценовому разнообразию промышленной продукции. В мировой швейной промышленности все более широко используются современные интеллектуальные информационные технологии, применяются разнообразные программные продукты для виртуального трехмерного проектирования новых коллекций одежды, что направлено не только на экономию временных и материальных ресурсов, но и на облегчение и интенсификацию творческой работы дизайнеров. В качестве программных продуктов, в наибольшей степени подходящих для виртуального проектирования одежды, следует отметить 3ds Max, Rhinoceros, CLO 3D, позволяющие разрабатывать объемный образ различных пространственных объектов. Можно выделить следующие виды трехмерного виртуального моделирования объектов сложной пространственной формы с учетом области их применения:

- ❖ *Полигональное моделирование* считают основополагающим видом виртуального моделирования, позволяющим проектировать самые сложные пространственные формы.
- ❖ *Слайновое моделирование* позволяет создать «оплавленную» форму с изгибами поверхности, отражающую органические структуры, подобные растениям, животным и другим биообъектам.
- ❖ *3D моделирование-скульптинг* имитирует процесс «лепки» 3D формы с помощью инструментов-кистей.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) предназначены для разработки проектно-конструкторской документации для изготовления новых моделей в промышленных условиях и включают в себя инструменты виртуального воплощения трёхмерных образов дизайнерских идей, в том числе на основе модификации имеющихся в их базе знаний аналогов рассматриваемых объемных форм. В качестве программного продукта для трёхмерного проектирования моделей одежды используют Rhinoceros 3D, широко применяемого для решения конструкторских и дизайнерских задач в различных областях, в том числе для разработки интерьеров, мебели, одежды, обуви, ювелирных и других изделий. К основным достоинствам программы Rhinoceros 3D можно отнести понятный набор инструментов, удобную навигацию, достоверность воспроизведения проектируемой формы, доступность приобретения, наличие бесплатных русскоязычных видеоуроков, примеры использования Rhinoceros 3D в дизайне одежды и обуви.

Наиболее популярным программным инструментом для трехмерного виртуального дизайна одежды, обеспечивающим реалистичную визуализацию проектируемых моделей одежды, является приложение CLO 3D, позволяющее воплощать замыслы художников и дизайнеров, проектирующих изделия лёгкой промышленности [7]. Современный уровень автоматизации проектирования изделий лёгкой промышленности позволяет воплощать как в цифровой среде, так и в материальном виде самые сложные пространственные формы и трансформировать процесс реализации идеи, начиная с художественного эскиза, образ которого можно оценивать на виртуальных манекенах, изменяя их размеры, расположение или движение в пространстве. Виртуальная примерка художественного образа изделия, визуально представленного изготовленным из материалов разных фактур, цветовых решений позволяет наглядно оценить проектиру-

емое изделие и принять решение об его своевременной корректировке его проектного решения, в том числе путем изменения посадки деталей по срезам, регулировки длины изделия и его отдельных деталей, изменение выреза горловины, степени складчатости на участках, текстуры и фактуры материалов (рис 1).



**Рисунок 1 – Моделирование и визуализация плечевой одежды в программе CLO 3D**

Современные методы трехмерного виртуального проектирования одежды позволяют минимизировать сроки выпуска серий новых моделей, отвечающих ожиданиям потребителей и востребованных на рынке благодаря использованию современных инструментов воплощения самых дерзких замыслов дизайнеров, их отработки и оценки в цифровой среде, ускоряющих реализацию новых идей и интенсифицирующих творческую деятельность без дополнительных материальных затрат для производителей. Возможность превентивно внести корректировки в художественный образ на стадии проектирования изделия путем его визуализации на виртуальном аватаре позволяет комплексно решать художественные, технические, технологические, экономические и другие задачи, уже на этапе создания художественного эскиза и виртуального макета изделия.

#### **Список литературы**

1. *Kadem F., Saraç E.* An experimental application on denim garment to give thermal regulation property// The Journal of The Textile Institute. - 2017, Vol.108, Is.3.- P.353-360.
2. *Paradiso R., De Toma G., Mancuso C.* Smart textile suit// In book: “Seamless Healthcare Monitoring”. - Springer, 2018. - P.251-277.
3. *Wu Y., Chen R., Wang J., Sun X., She M.* Intelligent clothing for automated recognition of human physical activities in free-living environment// The Journal of The Textile Institute. - 2012, Vol.103, Is.8. - P.806-816.
4. *Rienzo M., Vainio E., Lombardi P.* Development of a smart garment for the assessment of cardiac mechanical performance and other vital signs during sleep in microgravity// Sensors and Actuators: A Physical. - 2018, No.3. - P.274.
5. *Алибекова М.И.* Современные технологии в художественном проектировании// В сб. науч. трудов Междунар. науч.-техн. симп. «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления». - М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017, Т.2. - С.310-313.
6. *Алибекова М.И., Андреева Е.Г., Белгородский В.С.* Архитектура формы в композиции костюма. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 221 с.
7. *Петросова И.А., Чижова Н.В., Гусева М.А., Андреева Е.Г.* Инновационные методы конструирования изделий легкой промышленности. Проектирование базовой и модельной конструкций в программе CLO 3D. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. - 62 с.

**III МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОСЫГИНСКИЙ ФОРУМ  
«СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКИЙ  
СИМПОЗИУМ «СОВРЕМЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ КЛЮЧЕВЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

Сборник научных трудов

Том 2

Научное издание

Технический редактор  
Федорова Н.Е.

Подготовка макета к печати  
Николаева Н.А.

Материалы публикуются в авторской редакции

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов