


# ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

ISSN 2074-1146

№ 3 (61), 2022

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, издается с 2007 года

<p>Учредитель:</p>	 <p><b>Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет</b></p>
<p>Редакционный совет:</p>	<p><b>И.А. Максимцев</b> – ректор СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>председатель совета</i>; <b>Е.А. Горбашко</b> – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>заместитель председателя совета</i>; <b>Г.В. Лепеш</b> – заведующий кафедрой БНиТ от ЧС СПбГЭУ, д.т.н., профессор – <i>главный редактор журнала</i></p> <p><i>Члены редакционного совета:</i> <b>Я.В. Зачиняев</b> – д.х.н., д.б.н., профессор, профессор кафедры социального и естественнонаучного образования Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург <b>А.Е. Карлик</b> – д.э.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой экономики и управления предприятиями и производственными комплексами СПбГЭУ, г. Санкт-Петербург; <b>С.И. Корягин</b> – д.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, директор института транспорта и технического сервиса БФУ им. И. Канта, г. Калининград; <b>В.Н. Ложкин</b> – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России; <b>В.В. Пеленко</b> – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Теплосиловые установки и тепловые двигатели» Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна; <b>С.П. Петросов</b> – д.т.н., профессор, заслуженный работник бытового обслуживания, заведующий кафедрой «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) «Донского государственного технического университета» (г. Шахты); <b>П.И. Романов</b> – д.т.н., профессор, директор научно-методического центра координационного совета учебно-методического объединения по области образования «Инженерное дело», г. Санкт-Петербург; <b>В.С. Чекалин</b> – д.э.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры государственного и территориального управления СПбГЭУ</p>
<p>Editorial council:</p>	<p><b>I.A. Maksimcev</b> – rector SPbGEU, doctor of economic sciences, professor – the chairman of the board; <b>E. A. Gorbashko</b> – vice rector for scientific work SPbGEU, doctor of economic sciences, professor – the vice-chairman of council; <b>G.V. Lepesh</b> – head of the chair the population and territories Safety from emergency situations SPbGEU, the editor-in-chief of the magazine, doctor of engineering sciences, professor – the editor-in-chief of the scientific and technical journal</p> <p><i>Members of editorial council:</i> <b>Ya.V. Zachinyayev</b> – Doctor of Chemistry, Doctor of Biological Science, professor, professor of department of social and natural-science formation of Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg <b>A. E. Karlik</b> – doctor of economic sciences, pprofessor, honored worker of science of the Russian Federation, head of chair of Economics and management of enterprises and production complexes SPbGEU, Saint-Petersburg; <b>S. I. Koryagin</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored worker of higher school of Russian Federation, the director of institute of transport and the BFU technical service of I. Kant, Kaliningrad; <b>V.N. Lozhkin</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored scientist of Russia, Professor of St. Petersburg University of state fire service of the Ministry of Emergency Situations of Russia; <b>V. V. Pelenko</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, professor of thermal power plant and Heat Engines department of St. Petersburg State University of industrial technologies and design; <b>S. P. Petrosov</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored worker of consumer services, – head of the chair of "Technical systems of housing and public utilities and a services sector" of institute of services industry and businesses (branch) of "Donskoy of the state technical university" (Shakhty); <b>P. I. Romanov</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, director scientific and methodical center of higher education institutions of Russia (St. Petersburg state polytechnical university), St. Petersburg; <b>V.S. Chekalin</b> – Doctor of Economic Sciences, professor, honored worker of science of the Russian Federation, professor of department of the public and Territorial Department SPbGEU</p>
<p>Адрес редакции:</p>	<p>191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А Для писем: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А, офис. 22. Электронная версия журнала: <a href="http://unecon.ru/zhurnal-ttps">http://unecon.ru/zhurnal-ttps</a>; <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> Подписной индекс в каталоге «Журналы России» –95008; тел./факс (812) 3604413; тел.: (812) 3684289; +7 921 7512829; E-mail: <a href="mailto:gregoryl@yandex.ru">gregoryl@yandex.ru</a> Оригинал макет журнала подготовлен в редакции</p>

Санкт-Петербург – 2022

# СОДЕРЖАНИЕ

## КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

*Лепеш Г.В.* Интеграция российских и белорусских промышленных предприятий в условиях реиндустриализации национальной экономики и санкционного давления Запада.....3

## ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ

*Малый В.В., Костюхин А.С., Кинжагулов И.Ю.* Разработка технологии неразрушающего контроля качества паяных соединений теплообменных аппаратов и определение принципов её автоматизации.....11

*Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И.* Определение гидрологических характеристик реки с учетом региональных особенностей.....18

*Гурьянов С.Г., Шаихов Р.Ф.* Контроль технологической дисциплины при выполнении работ обслуживания и ремонта автомобилей.....24

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Великанов Н.Л., Наумов В.А.* Экономико-математическая модель выбора параметров трубопроводных систем снабжения мазутом.....29

*Лепеш Г.В.* Технологические особенности адаптации энергетического бизнеса к низкоуглеродной мировой экономике.....36

*Осипова М.Ю., Максимов Т.А.* Нейросетевое моделирование процесса массовой оценки стоимости объектов недвижимости.....51

*Виноградов Л.В., Колбина А.Д., Бурьлов В.С.* Использование инструментов искусственного интеллекта для многокритериальной оптимизации тензора качества.....58

*Бабкин А.В., Корягин С.И., Либерман И.В., Клачек П.М., Богданова А.А., Сагателян Н.Х.* Индустрия 5.0: нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования.....64

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

*Плешакова Е.Ю., Калязина Е.Г.* Патологии менеджмента в проектных организациях.....86

*Клименко В.А., Сергеевич Т.В., Булдная Д., Одмаа Д., Буянхишиг Ж.* Развитие взаимодействия университетов и реального сектора экономики.....94

*Тихомирова М.С., Войстрик Д.В.* Обеспечение законности и правопорядка в сфере цифровой экономики.....100

*Мордовец В.А., Угольников О.Д., Кошелева Т.Н.* Система цифровой профессиональной переподготовки как фактор минимизации рисков управления человеческими ресурсами.....105

*Беляева Н.Б., Тучков В.А.* Социальная инфраструктура арктических городов Северной Европы и Российской Федерации.....110

*Борщёв В.Г., Григорьев М.Н., Царькова М.А.* Инновационная технология переработки отходов животноводства в биоэтанол.....118

Требования, к материалам, принимаемым для публикации в научно-техническом журнале «Технико-технологические проблемы сервиса».....123



### ИНТЕГРАЦИЯ РОССИЙСКИХ И БЕЛОРУССКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ И САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ ЗАПАДА

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет,  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А.*

Статья посвящена анализу процессов интеграции российских и белорусских промышленных предприятий в условиях реиндустриализации национальной экономики и санкционного давления Запада. Определены механизмы промышленной интеграции. Показано, что в условиях санкционного давления происходит разворот промышленной политики от рыночной направленности к производству продукции, поддерживающей устойчивость национальной экономики. Следующий шаг – объединение научно-технического и ресурсного промышленного потенциала путем перехода промышленных предприятий к более перспективным формам сотрудничества – к интеграции производств. Создание межфирменных сетей предприятий Российской Федерации и промышленности Республики Беларусь путем объединения продуктов, услуг и бизнес-моделей, в основу которых встроены цифровые технологии, позволит связать технологические цепочки обеих стран в единый технологический процесс, синергически дополняющий возможности отдельных предприятий.

*Ключевые слова:* интеграция, кооперация, аутсорсинг, мультифирменные сети, жизненный цикл, машиностроительное предприятие, Союзное Государство, санкции, ЕАЭС.

### INTEGRATION OF THE RUSSIAN AND BELARUSIAN INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONDITIONS OF REINDUSTRIALIZATION OF NATIONAL ECONOMY AND SANCTIONS PRESSURE OF THE WEST

G.V. Lepesh

*St. Petersburg State University of Economics,  
Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboedov Canal, d. 30-32, letter A.*

The article is devoted to the analysis of the integration processes of Russian and Belarusian industrial enterprises in the context of the reindustrialization of the national economy and the sanctions pressure of the West. Mechanisms of industrial integration have been identified. It has been shown that under conditions of sanctions pressure, industrial policy is being turned from a market orientation to the production of products that support the stability of the national economy. The next step is to combine the scientific, technical and resource industrial potential by transferring industrial enterprises to more promising forms of cooperation - to the integration of industries. The creation of intercompany networks of enterprises of the Russian Federation and industry of the Republic of Belarus by combining products, services and business models, which are based on digital technologies, will make it possible to connect the technological chains of both countries into a single technological process that synergistically complements the capabilities of individual enterprises.

*Keywords:* integration, cooperation, outsourcing, multifirm networks, life cycle, machine-building enterprise, Union State, sanctions, EAEU.

#### Введение

Россия и Белоруссия сегодня находятся под беспрецедентным санкционным давлением, созданным под различными предлогами со стороны, так называемого, «коллективного запада»,

пытающегося всеми силами ограничить темпы развития промышленного сектора национальной экономики обеих стран и даже привести к ее тотальному разрушению. Несмотря на то, что

<sup>1</sup>Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Безопасность населения и территорий от ЧС, СПбГЭУ, тел.: +7 (921) 751-28-29, e-mail: GregoryL@yandex.ru.

основные «сражения» сегодня происходят в сырьевом и энергетическом секторе, целью санкционных ограничений является преграждение доступа российским и белорусским предприятиям к передовым зарубежным технологиям. В этих условиях важнейшей первоочередной задачей для предприятий промышленного сектора является импортозамещение.

Импортозамещение затрагивает экспортируемое иностранное высокотехнологичное оборудование (особенно уникальное), комплектующие (например, чипы), материалы и программные продукты. Сегодня российская промышленность демонстрирует способность адаптироваться к санкционному давлению Запада, расширяя при этом взаимодействие внутри государств – членов ШОС, ОДКБ и Союзного государства России и Беларуси. Фактором стабилизации промышленности выступают меры государственной поддержки ее высокотехнологичного сектора. В России запускаются программы технологического обновления промышленности, в том числе направленные и на инвестиционную поддержку белорусских проектов по созданию новых и модернизации действующих производств, расположенных как на территории Беларуси, так и в России.

В последние годы мировая экономическая наука сменила акцент от проблем развития сферы услуг к исследованию проблем промышленной политики индустриального сектора экономики. Инновационному развитию индустриального сектора экономики посвящены работы зарубежных исследователей: А. Биранга, М. Гулбрандсена, В. Джавада, П. Марша, Р. Нельсона, Д. Родрика, Д. Симона, Р. Штеффенсена, К. Шваба. Вопросы роли промышленной политики в контексте модернизации и диверсификации экономики в условиях неустойчивой мирохозяйственной конъюнктуры и цифровизации производства отражены в трудах российских экономистов: А.И. Амосова, К.Н. Адрианова, Е.В. Бодрова, С.В. Бодрунова, С.Ю. Глазьева, В.В. Ивантера, Г.А. Краюхина, Ф.Ф. Рыбакова, О.С. Сухарева и др.. Состоянию белорусской промышленности и роли инноваций в ее модернизации и цифровизации посвящены работы белорусских ученых: И.М. Абрамова, А.А. Быкова, В.Ф. Байнева, В.Л. Гурского, И.А. Михайловой-Станюты, М. Мясниковича, Л.Н. Нехорошевой, А.Н. Тура, и др.. Развитию теории модернизации промышленных комплексов Республики Беларусь и индустриально развитых регионов Российской Федерации в контексте неоиндустриализации посвящены совместные

исследования группы российских и белорусских ученых: Г.В. Лепеша, И.В. Макаровой, С.Ю. Солодовникова, С.В. Курегяна, Ю.В. Мелешко, Т.В. Сергиевич, О.Д. Угольниковой, изложенные в монографии [1] Тем не менее механизмы промышленной интеграции промышленных предприятий при создании совместной стоимости выпускаемой продукции, механизмы создания мультифирменных трансграничных сетей, обеспечивающих промышленное взаимодействие, защиту государственной, коммерческой и интеллектуальной собственности остаются за рамками проведенных исследований и требуют конкретизации относительно субъектов производственных отношений.

### **Механизмы промышленной интеграции**

Термин «международное технологическое сотрудничество/промышленная кооперация» определен Краюхиным Г.А., как: «долговременные устойчивые производственные, научно-производственные и сбытовые связи между юридически самостоятельными предприятиями – «резидентами» и «нерезидентами» – либо предприятиями, объединенными единым титулом собственности с целью повышения совокупного конкурентного потенциала участников» [2, с. 134]. Подчеркивая необходимость кооперации в рамках четвертой промышленной революции, ориентированной на высокие технологии, Клаус Шваб отмечает: «Этот «мир категории сейчас» требует от компаний незамедлительного отклика в реальном времени, где бы они находились и где бы ни находились их клиенты и потребители» [3, с. 45]. Для машиностроительных предприятий, создание высокотехнологичной продукции означает изготовление большой номенклатуры сложных деталей, причем многих малыми сериями, в конечном итоге комплектация изделия деталями и узлами, которые эффективно производить с помощью, промышленной кооперации (аутсорсинга, франчайзинга, субконтракции, кластеризации, цифровых предприятий, технопарков и др.)

Значимость международной промышленной кооперации подчеркивалась на международном экономическом форуме в 2012 г.: «Участие в международной производственной кооперации не только повышает технологический уровень национальной промышленности и качество выпускаемых конечных продуктов, но и играет важную геоэкономическую роль – способствует интегрированию национальных экономик. На основе международной промышленной кооперации унифицируются технические

стандарты стран-партнеров, развивается международное научно-техническое сотрудничество, сближаются нормы правового регулирования связанных с этим экономических отношений и т. п. Речь идет, в сущности, о сращивании отдельных производств таких стран в целостные международные производственно-хозяйственные комплексы и о соответствующей конвергенции сопряженного с их функционированием национального правового, фискального и таможенного регулирования. Надо ли говорить, сколь прочно это привязывает национальные хозяйства таких стран друг к другу?» [4]

Как в Российской Федерации, так и в Республике Беларусь по мере реализации принятых Союзных программ объявлен переход к сотрудничеству по наиболее важным направлениям, таким как промышленность, военная безопасность, энергетическая и таможенная сферы. Российско-белорусское сотрудничество в перечисленных сферах не прекращалось с момента образования обеих республик и происходило в различных формах, основной из которых был товарообмен промышленной и сельскохозяйственной продукцией, сырьем, энергоресурсами и др. В условиях санкционного давления практически происходит разворот промышленной политики от рыночной направленности к производству продукции, поддерживающей устойчивость национальной экономики. Следующий шаг – объединение научно-технического и ресурсного промышленного потенциала путем перехода промышленных предприятий к более перспективным формам сотрудничества – к интеграции производств. Интеграция позволяет решить две основные задачи. Первая и главная – объединение потенциалов для создания наукоемкой продукции и уход от импорта. Вторая – объединение предопределенных и линейных цепочек создания стоимости в группировки стоимости, где стоимость является результатом совместной работы нескольких экономических субъектов, что в значительной мере способствует увеличению промышленного потенциала.

Учитывая доминирование российского промышленного потенциала на территории Союзного Государства, при интеграции имеется определенный риск утраты своего экономического суверенитета предприятиями с меньшим потенциалом. В этих условиях наиболее эффективными формами интеграции могут быть субконтрактинг и кооперация, основанные на обмене опытом и научными исследованиями. Рынок субконтрактинга Российской Федерации и Республики Беларусь поддерживается государственным сектором обеих стран. Как в России (в

рамках ЕАЭС), так и в Беларуси поэтапно внедряются механизмы, способствующие развитию кооперационных связей между предприятиями промышленного сектора. Сегодня ускоренными темпами реализуются программы Союзного Государства, определяющие для обеих стран:

1. Сближение макроэкономической политики.

...

20. Формирование единой промышленной политики.

21. Введение единых правил доступа к государственному заказу и государственным закупкам.

...

23. Единые правила конкуренции.

...

Тем самым появляются возможности для более глубокой взаимной интеграции промышленных предприятий России и Беларуси, основанной на создании межфирменных сетей для производства совместной собственности.

Объявленный переход российской и белорусской промышленности к сверхиндустриальным укладам, сопровождающимся цифровизацией и сетевизацией производств, создает возможность быстрых темпов интеграции с выходом на межгосударственный уровень. Создание межфирменных сетей предприятий Российской Федерации и промышленности Республики Беларусь путем объединения продуктов, услуг и бизнес-моделей, в основу которых встроены цифровые технологии, позволит связать технологические цепочки обеих стран в единый технологический процесс, синергически дополняющий возможности отдельных предприятий.

Многие предприятия российской и белорусской экономики находятся в субконтрактных отношениях не только между собой, но и с другими предприятиями в рамках ЕАЭС [5]. Правовую основу субконтрактных отношений составляет принятый в 2015 году документ: «Основные направления промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза», в котором представлена Евразийская сеть промышленной кооперации и субконтрактации (ЕСПКС), как основной инструмент активизации производственной кооперации промышленного производства в государствах-членах ЕАЭС. Основными задачами ЕСПКС «является оптимизация производственных процессов путем размещения промышленными предприятиями заказов на разработку, производство и сервисное обслуживание промышленной продукции, а также выполнение технологических процессов у других промышленных предприятий, что позволяет выстроить более эффективную

организационную структуру производства и оптимально загрузить производственные мощности.» [4]. Значительную роль в интеграционных процессах в ЕАЭС в настоящее время играет Евразийский банк развития, который инвестирует интеграционные проекты стран-участниц ЕАЭС, предоставляя кредиты по ставкам, уровень которых сопоставим с уровнем ставок, предлагаемых национальными банками.

Наиболее продвинутой формой кооперации российских и белорусских предприятий является производственный (промышленный) аутсорсинг, причем в качестве аутсорсера выступают как российские, так и белорусские предприятия. Например, российские и белорусские предприятия военно-промышленного комплекса (ВПК) в значительной мере дополняют друг друга, поставляя необходимое оборудование для доукомплектования вооружения и военной техники обеих стран. Так для российского ВПК важное значение имеет поставка гусеничных и колесных транспортных машин, производимых белорусскими предприятиями, для бронетанковой техники, ракетных и ракетно-пушечных комплексов, а также оптико-электронной аппаратуры, микросхем, автоматизированных систем управления и др. [6]. Комплекующие российского производства широко применяются при производстве белорусского вооружения и военной техники. Тесное сотрудничество в форме кооперации осуществляется в научно-технической сфере. Проводятся исследования по приоритетным научным направлениям, реализуются совместные проекты по модернизации военной техники и вооружения. В наиболее приоритетных направлениях создаются объекты совместной собственности, например, путем выкупа части акций белорусских предприятий крупными российскими концернами, либо путем создания совместных инновационных предприятий.

Введение санкционных ограничений на ввозимую высокотехнологическую продукцию требует скорейшего налаживания выпуска отечественных аналогов, проектирование и производство которых может быть обеспечено путем объединения усилий российского и белорусского машиностроительных комплексов. На фоне ускоренной интеграции научно-технического потенциала и промышленного производства в рамках Союзного Государства уже сегодня рассматриваются совместные российско-белорусские проекты в самых приоритетных направлениях, способных обеспечить республикам мировое лидерство. Например, в области ядерной энергетики и так называемого «зеленого перехода», обеспечивающего исключение

углеродного следа, рассматривается проект производства водорода с использованием российского природного газа и Белорусской АЭС [7]. Причем комплексное решение предусматривает создание нового типа двигателя, работающего на литиевых аккумуляторах и водородных элементах и нового транспортного средства на этом двигателе. В целом кооперация в ядерной энергетике более широкая и включает совместную реализацию российских проектов в этой области, например, строительство реактора на быстрых нейтронах [8], позволяющего использовать низкообогащенный уран, что обеспечит использование отходов нынешней атомной промышленности и решит проблему нераспространения ядерного оружия.

Активизация интеграционных процессов привела к снятию ограничений на доступность российского бизнеса к инвестициям в белорусские предприятия, обладающие компетенциями, которые ранее отдавались на аутсорсинг в зарубежные страны. Появились интеграционные проекты, поддержанные главами обеих стран, по расширению производств и комплексной модернизации белорусских предприятий-производителей, комплектующих сельхозтехники, подшипников, полиэфирных волокон и другой продукции, необходимой для машиностроительных и металлургических комплексов обеих стран [9]. Предполагается объединение усилий по развитию микроэлектронной промышленности. Кооперация затрагивает не только импортозамещение [10], но и создание новых производств на территории Беларуси при софинансировании российской стороны.

Значительное внимание в интеграционных процессах требуется высокотехнологичным малым и средним компаниям, являющимся точками роста для российской и белорусской экономик. Для их развития необходимы особые компетенции и дополнительные меры. Такими точками как в России, так и в Беларуси являются технопарки, насыщенные уникальным специализированным оборудованием, пользующиеся устойчивым спросом у инновационного бизнеса в обеих странах. Необходимо сделать так, чтобы у российских и белорусских компаний был равный доступ к их ресурсам.

### **Цифровизация промышленного сектора экономики**

Зарубежный опыт показывает, что в современном мире стратегические цели развития промышленности невозможны без реализации концепции «Индустрии-4», ориентированной на глобальную цифровизацию бизнес-процессов и

бизнес-услуг, внедрение промышленного Интернета и финансовых онлайн-услуг, развитие облачных вычислений, электронной коммерции, «Интернета вещей», big data, экспортоориентированности производства и становление ИТ-компаний. На фоне того, что государственная политика крупнейших стран мира ориентирована на масштабную цифровую трансформацию Российская Федерация и Республика Беларусь ставят своей стратегической целью адаптацию общества, экономики и промышленности к новым реалиям цифровизации. Оценивая уровень «цифровой зрелости» стран с использованием различных общемировых индексов [1] видим, что Россия находится на 5-м месте по индексу «глобальной кибербезопасности» и на 48 месте по индексу «сетевой готовности». Беларусь занимает 96 и 45 места соответственно, т.е. значительно уступает России по индексу «глобальной кибербезопасности». В целом, «исходя из приведенных в рейтингах и индексах развития цифровизации данных, Россия и Беларусь занимает средние позиции, уступая США, развитым странам Европы и Азии, Японии» [1]. Учитывая то, что для достижения «цифровой зрелости» необходимо гармоничное взаимодействие бизнеса, науки, образования и непосредственно гражданского общества, взять на себя глобальную миссию цифровизации способно только государство, которое расставляет приоритеты, предоставляет ресурсы, разрабатывает механизмы поддержки, определяет современные формы и методы регулирования процесса цифровой трансформации. Что касается цифровой индустриализации, то государственная поддержка осуществляется в двух основных направлений – непосредственно ИТ-сектора и отраслей, использующих цифровые решения.

Первое направление имеет широкую поддержку государственными национальными программами, относящимися к развитию и становлению ИТ-сектора, обеих стран. В результате чего на рынке ИТ-продуктов появилась широкая линейка цифровых продуктов, закрывающих потребности промышленных предприятий по цифровизации всех этапов жизненного цикла продукции машиностроительных предприятий [11]. Второе направление характеризуется тем, что несмотря на то, что в России и Беларуси принято множество нормативно-правовых актов, в рамках которых закреплены задачи обеспечения информационной безопасности и ускоренного внедрения цифровых технологий в экономику и социальную сферу, процесс цифровизации промышленного сектора экономики и там и там идет недопустимо медленными темпами. В силу

различия механизмов государственной поддержки из-за различия структур промышленности и преобладающих форм собственности, цифровизация промышленного сектора в Республике Беларусь идет более медленными темпами, чем в Российской Федерации. Государственные программы, запущенные в Российской Федерации акцентированы на поддержку внедрения цифровых технологий в промышленный сектор, в то время как в Республике Беларусь приоритетными видами деятельности для цифровизации выступают государственное управление, образование, здравоохранение. Тем не менее сложившееся в настоящее время положение обеих стран, их экономические и культурные идентичности позволяют рассматривать Россию и Беларусь в качестве цифровых партнеров по формированию пилотного проекта создания экосистемы цифровых инноваций и цифровых проектов и в промышленном секторе.

В целом, как отмечалось ранее [11], промышленное партнерство предприятий России и Беларуси, ввиду их этнической, культурной, природной, хозяйственной, экономической и прочей идентичности, представляет собой устойчивую систему взаимосвязей, основанную на согласованной стратегии сотрудничества и ориентированную на решение проблем модернизации индустриального комплекса и обеспечения экономической безопасности территорий в контексте цифровизации.

### **Производство изделия в кооперации машиностроительных предприятий**

Наиболее заинтересованы в расширении кооперативных связей машиностроительные предприятия, особенно при создании и производстве инновационной продукции. Интерес – в углублении специализации, что напрямую связано со снижением издержек производства. Именно машиностроительным предприятиям характерно лидерство в формировании цепей поставок, основанных на разделении труда и кооперировании. Процесс кооперации позволяет увеличивать объемы выпуска машиностроительной продукции, изготавливать детали и сборочные единицы по технологии, отсутствующей на предприятии или являющейся для него неэффективной. Важным инструментом, способствующим этому, как было отмечено, служит переход на цифровые технологии. Как правило стратегическое решение о кооперировании принимается на начальном этапе жизненного цикла изделия, когда создается цифровая модель. Учитываются: собственные ресурсы, стратегия развития предприятия, наработанные кооперационные связи, наличие сторонних производителей и

потенциальных поставщиков, импортозамещение и другое. При этом не только повышается уровень связи с внешними поставщиками, но и изделия становятся более технологичными, повышается культура производства, растет качество изделий, выравнивается ритмичность выпуска, снижается трудоемкость и время изготовления продукции, следовательно, оптимизируется цепочка формирования стоимости производимых изделий. Это может быть началом синергетического эффекта для совершенствования и развития всей мультифирменной сети, становление которой может происходить на стадии проектирования изделия подготовки производства.

Рассмотрим движение комплектующих изделий с позиции головного предприятия (контрактора). Будем учитывать сложный характер структуры машиностроительного предприятия, включающего:

- основные производства (заготовительные, обрабатывающие, сборочные);
- вспомогательные цеха (ремонтно-механический, инструментальный, электроремонтный, энергетический);
- обслуживающие хозяйства (транспортное складское).

Сложная структура приводит к необходимости учета большого количества взаимодействующих участников, обеспечивающих бизнес-процессы. Находясь в кооперативных отношениях, головное предприятие занимает один уровень с организациями-субконтракторами. Однако по отношению к другим предприятиям, находящимся в кооперации собственное производство, как и другие, также может быть субконтрактором. Рассмотрим случай, когда организация для собственного производства является управляющим центром создания изделия, а для сторонних организаций-субконтракторов, изготавливающих его комплектующие по кооперации (аутсорсерам) – координационным центром.

Работа субконтракторов и головного предприятия имеет ряд существенных отличий в задействовании производственных процессов в структуре машиностроительного предприятия. Для того чтобы понять процессы, возникающие в случае аутсорсинга, рассмотрим их с обеих сторон в процессе формирования изделия и его стоимости.

Для головного предприятия в случае аутсорсинга, в цепочке добавленной стоимости учитывается основное производство. Вспомогательные цеха и обслуживающие хозяйства остаются за субконтрактором. Происходит разделение производственных потоков, так что материальный поток выделяется в отдельный процесс,

определяющий в конечном счете добавленную стоимость изделия.

На предприятии субконтрактора задействуются все производства (основные, вспомогательные и обслуживающие), а головное предприятие, как и в случае собственного производства, обеспечивает вспомогательные и обслуживающие функции. Оба рассмотренных случая показывают, что главным является основное производство. Следовательно, при принятии решения по изготовлению комплектующих изделий следует в первую очередь рассматривать критерии, влияющие на основное производство.

Промышленные предприятия, желающие делегировать часть полномочий по выпуску комплектующих в сторонней организации часто сталкивается с тремя вопросами: 1) какие из них передать на аутсорсинг; 2) в каком объеме, 3) как не потерять приоритет в выпуске изделий, используя такой метод взаимоотношений с партнерами. Причем третий вопрос напрямую связан с рисками потери интеллектуальной собственности, имеющей коммерческую значимость. Переход промышленных предприятий на цифровые экономические отношения, лишь усиливает угрозы, в силу слабой защищенности цифровых платформ в настоящее время.

Дилемма аутсорсинга решается как правило последовательным анализом множества перечисленных факторов, учитываемых при принятии данного стратегического выбора (рисунок 1).

Центральное место на диаграмме занимает анализ существующего производства на предмет возможности выпуска продукции в заданном объеме и в установленные сроки, причем с учетом поставленных перед ним стратегических задач по развитию производства и рынков сбыта продукции. Решение принимается лишь после тщательного анализа имеющихся рисков выполнения контракта как у самого предприятия, так и у возможных подрядчиков. В качестве стратегической цели при выполнении контракта может быть поставлена экономическая выгода, когда контрактор, максимально сосредоточен на выполнении заказа в целом, но при этом получает экономию из-за отсутствия необходимости приобретать средства производства и нанимать производственный персонал для изготовления комплектующих, которые не являются его конечной продукцией. Субконтрактор, благодаря заказу, загружает свои простаивающие производственные мощности, не приносящие дохода, и получает прибыль за выполнение заказа.



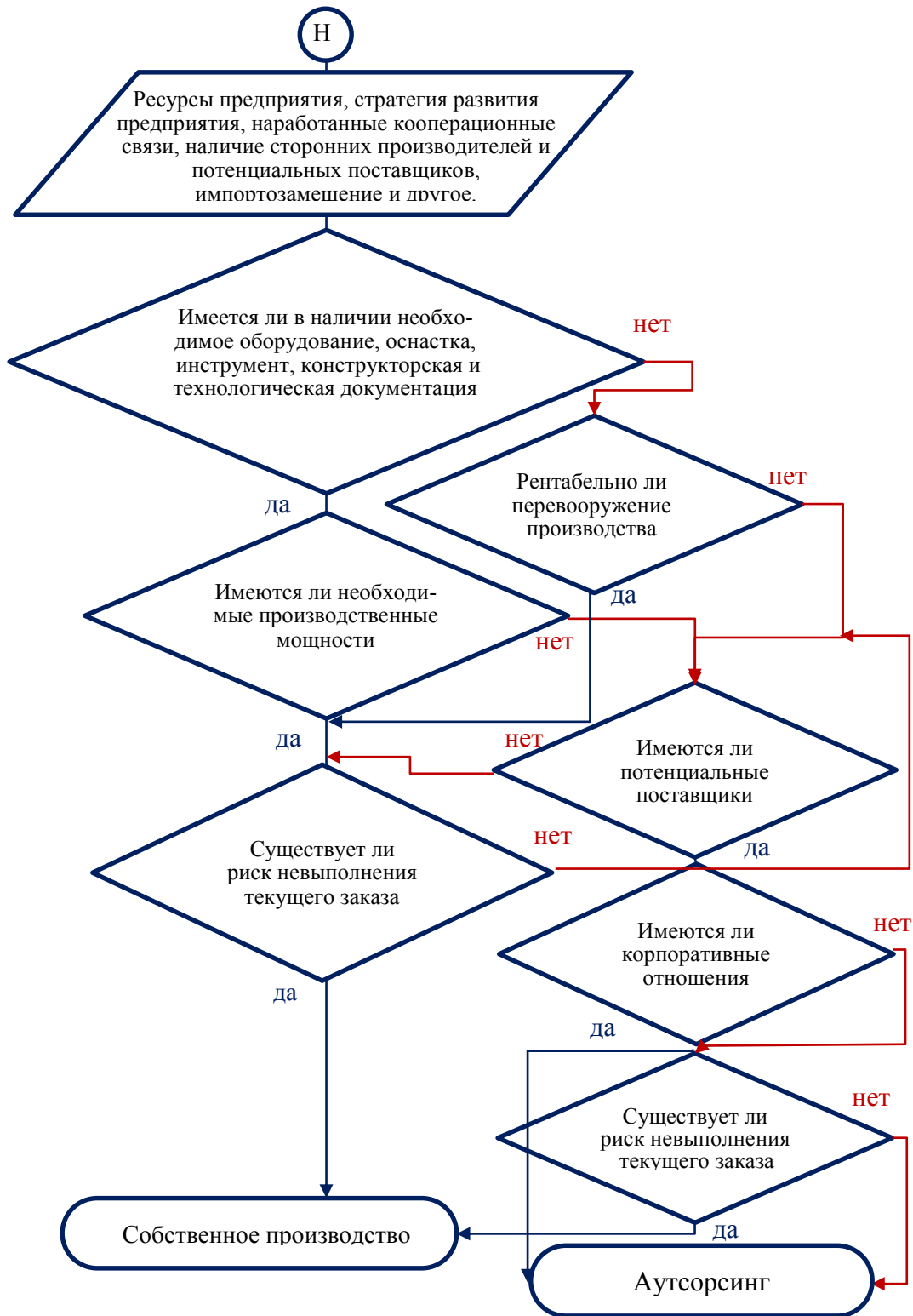


Рисунок 1 – Блок-схема принятия решения на об аутсорсинге комплектующих или собственного их производства

Необходимость учета большой совокупности факторов, необходимых для принятия решения, приводит к необходимости обработки больших объемов разнотипной информации, используемой при создании изделия и запуске его в производство, что принуждает к переходу к электронной документации, – к цифровой модели изделия, в которую была интегрирована

конструкторская, технологическая, производственная и управленческая информация. В итоге это приводит к необходимости внедрения новых технологий, концепций и принципов проектирования промышленной продукции, охватывающих все стадии жизненного цикла изделия, основанных на цифровой трансформации процес-

сов управления, проектирования и производства. Для предприятий, находящихся в кооперационных отношениях или предприятий выстраивающих мультифирменные цепочки важно в этих случаях иметь адаптированные друг-другу цифровые продукты, – такие производственные цифровые системы как CAD, CAM, CAE, CAPP, PDM, SCADA, CNC, MES, IETM, PLM [11]

### Выводы

Полученные в процессе анализа результаты позволяют констатировать, что интеграция российских и белорусских промышленных интеграций в настоящее время проходит ускоренного формирования. Наиболее развитой и комфортной формой кооперации в Союзном Государстве является субконтракция, позволяющая обеспечивать взаимовыгодный обмен услугами, технологиями и правами.

В создавшихся условиях развитие промышленности Союзного Государства России и Беларуси напрямую зависит от освоения производства аналогов импортируемой продукции, в первую очередь компонентов высокотехнологичной продукции для машиностроительной отрасли. Наиболее целесообразным является создание мультифирменных кооперационных цепочек между предприятиями всех стран, входящих в ЕАЭС. Однако, в настоящее время имеются существенные различия государственной политики этих стран по отношению к санкциям, накладываемых «коллективным Западом» на российскую и белорусскую экономику, что сказывается на уровне их интеграции в ЕАЭС, ограничивает развитие кооперационных связей, создавая угрозы импортозамещения по отношению к поставляемой по кооперации продукции. Несмотря на принятие ряда документов, регламентирующих порядок разработки, финансирования и реализации совместных межгосударственных программ и проектов в сфере промышленности [13], в наиболее полном объеме межгосударственные мультифирменные сети кооперации промышленных предприятий на сегодня возможны лишь между белорусскими и российскими предприятиями.

### Литература

1. Теория модернизации промышленных комплексов Республики Беларусь и индустриально развитых регионов Российской Федерации в контексте неоиндустриализации /Г.В. Лепеш, И.В. Макарова, Ю.В. Мелешко, О.Д. Угольников/ – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022.– 324 с.
2. Краюхин, Г. А. Трансфер инновационных технологий: учебник [Текст] / Г. А. Краюхин, В. Ф. Быстров, Е. В. Жигулев. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2016. – 259.
3. Шваб К. Четвертая промышленная революция [Текст] / К. Шваб // «Эксмо», 2016. – 138 с.
4. Габрусь А.А. Кооперирование машиностроения России – основная цель модернизации отрасли. URL: <https://be5.biz/ekonomika1/r2012/1712.htm/> (дата обращения 05.06.2022)
5. Евразийская сеть промышленной кооперации и субконтракции. Режим доступа: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom\\_i\\_agroprom/dep\\_prom/Pages/Основные%20направления%20промышленного%20сотрудничества/subcontracting.aspx](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/Pages/Основные%20направления%20промышленного%20сотрудничества/subcontracting.aspx). (дата обращения 05.06.2022)
6. Зверев Ю. Военно-техническое сотрудничество России и Беларуси: перспективы и риски. Режим доступа: <https://eurasia.expert/voenno-tekhnicheskoe-sotrudnichestvo-rossii-i-belarusi-perspektivy-i-riski>. (дата обращения 05.06.2022)
7. Спецпредставитель президента РФ по вопросам климата Руслан Эдельгериев оценил возможность использования АЭС для производства водорода. Режим доступа: <https://bel-aes.by/ru/ekologiya/novosti/item/3413-spetspredstavitel-prezidenta-rf-po-voprosam-klimata-ruslan-edelgeriev-otsenil-vozmozhnost-ispolzovaniya-aes-dlya-proizvodstva-vodoroda.html>. (дата обращения 05.06.2022)
8. "Росатом" начал строить уникальный реактор БРЕСТ в Томской области. URL: <https://ria.ru/20210608/energoblok-1736090576.html>.
9. Назаров рассказал о новых совместных проектах в промышленности Беларуси и России. Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/nazarov-rasskazal-ono-vykh-sovmestnykh-proektakh-v-promyshlennosti-belarusi-i-rossii.html>. (дата обращения 05.06.2022)
10. Беларусь и Россия договорились о 14-ти совместных проектах по импортозамещению – Оверчук <https://soyuz.by/realizaciya-soyuznyh-programm-i-proektov/belarus-i-rossiya-dogovorilis-o-14-ti-sovmestnykh-proektah-po-importozameshcheniyu-overchuk>. (дата обращения 05.06.2022)
11. Лепеш Г.В. Цифровая трансформация промышленного сектора экономики // Техничко-технологические проблемы сервиса. -№ 2(60) – 2019. С. 3 – 15.
12. Лепеш Г.В. Модернизация промышленных комплексов индустриально развитых регионов российской федерации в контексте неоиндустриализации // Техничко-технологические проблемы сервиса. -№ 3(49) – 2019. . 3 – 8.
13. Положение о разработке, финансировании и реализации межгосударственных программ и проектов в промышленной сфере. Утверждено Решением Евразийского межправительственного совета от 2 февраля 2018 года. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/556462641>. (дата обращения 05.06.2022).



УДК 620.179.16

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ЕЁ АВТОМАТИЗАЦИИ

В.В. Малый<sup>1</sup>, А.С. Костюхин<sup>2</sup>, И.Ю. Кинжагулов<sup>3</sup>

*Университет ИТМО, Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, 49.*

В данной статье рассматриваются вопросы контроля качества паяных соединений теплообменных аппаратов. Описаны возникающие дефекты, проанализированы существующие решения, выявлены достоинства и недостатки. Представлены решения основных вопросов, возникающих при создании автоматизированной установки.

*Ключевые слова:* неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, контроль паяных соединений, контроль теплообменных аппаратов, фазированная антенная решетка, автоматизированный неразрушающий контроль, создание автоматизированной установки.

### DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR NON-DESTRUCTIVE QUALITY CONTROL OF HEAT EXCHANGER BRAZED JOINTS AND DETERMINATION OF THE PRINCIPLES OF ITS AUTOMATION

V.V. Malyy, A.S. Kostyukhin, I.Y. Kinzhagulov

*ITMO University, Russia, 197101, St. Petersburg, Kronverksky Ave., 49.*

This article discusses the issues of quality control of soldered joints of heat exchangers. Defects that arise are described, existing solutions are analyzed, advantages and disadvantages are identified. Solutions to the main issues that arise when creating an automated system are presented.

*Keywords:* non-destructive testing, ultrasonic testing, brazed joint testing, heat exchanger testing, phased antenna array, automated non-destructive testing, creation of an automated system.

#### Введение

Современные реалии контроля качества сложных объектов ставят все более высокие требования к методам и средствам их реализации. Повышение требований к достоверности результатов контроля обуславливает необходимость создания и внедрения автоматизированных комплексов неразрушающего контроля (НК), которые минимизируют влияние человеческого фактора (оператора). Одним из таких объектов является теплообменный аппарат (ТА), который представляет собой паяную орбренную конструкцию двух пластин из разных металлов с фрезерованными на одной из них канавками. Ребра одной пластины соединяются с другой посредством припоя. Одним из этапов является нанесение припоя на ребра одной пла-

стины и спаивание со второй пластиной. Процесс пайки ТА состоит из сложных многоэтапных операций, на каждой из которых возможно образование различного рода дефектов (неспай, непропай), влияющих на работоспособность как ТА в целом, так и его составных частей.

В настоящее время контроль качества ТА осуществляется на основе результатов гидравлических и огневых испытания. В случае наличия дефектов пайки в процессе испытаний ТА переходит в неработоспособное состояние и становится непригодной для дальнейшего использования по назначению. Одним из путей решения задачи обеспечения качества паяных соединений ТА является внедрение новых технологий НК, а также совершенствование уже используемых методов, средств и методик дефектоскопии и дефектометрии [1].

<sup>1</sup>Малый Валерий Валерьевич – аспирант 2 года обучения, тел.: +7 961 062-20-91, e-mail banqvalera@mail.ru;

<sup>2</sup>Костюхин Александр Сергеевич – научный сотрудник научно-исследовательского центра технологий контроля качества ракетно-космической техники, тел.: +7 900 639-05-33, e-mail: poxx9999@yandex.ru;

<sup>3</sup>Кинжагулов Игорь Юрьевич – кандидат технических наук, преподаватель тел.: +7 911 262-45-59, e-mail: kinzhiki@mail.ru.

### Описание задачи

ТА представляют собой геометрически сложную конструкцию с множеством различных внутренних полостей, что, в свою очередь обуславливает сложность технологии пайки, связанную с нанесением припоя и обеспечением стабильности величины гарантированного зазора между сопрягаемыми элементами. Наиболее остро стоит вопрос качества паяных соединений (ПС), так как из-за особенностей режимов работы ТА, а также из-за высоких нагрузок при эксплуатации, дефект может привести к выходу дорогостоящего ТА из строя, который по стоимости разработки и производства составляет 20-40% стоимости изделия.

Объект контроля (ОК) имеет сложную оребренную внутреннюю структуру. Паяная оребренная конструкция ТА представляют собой две пластины из разных металлов с фрезерованными на одной из них канавками. Ребра одной пластины соединяются с другой посредством припоя. Внутренняя структура ОК представлена на рисунке 1.

Основными дефектами ПС являются «непропай» и «неспай», а их наличие, в большинстве случаев, приводит к нарушениям теплообменных режимов в аппарате и как следствие к выходу изделия из строя.

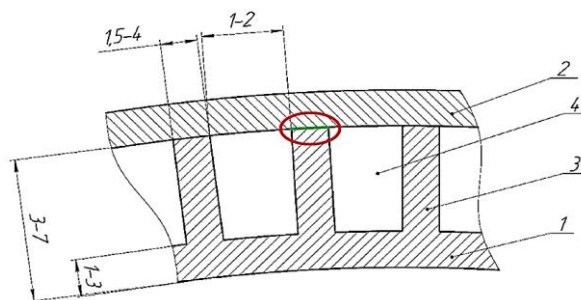


Рисунок 1 – Внутренняя структура ПС ТА; 1 – внутренняя стенка, 2 – внешняя стенка, 3 – ребро, 4 – канавка

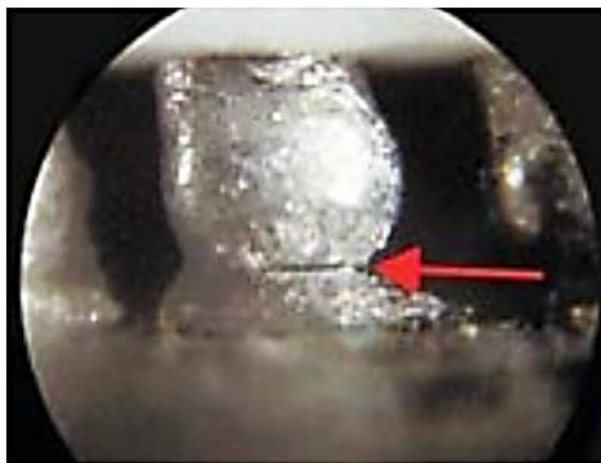
Согласно ГОСТ 17325-79 [2], рассматриваемые в статье дефекты имеют определения:

- непропай – дефект паяного соединения, проявляющийся в частичном или полном незаполнении паяльного зазора припоем (рисунок 2.а);

- неспай – дефект паяного соединения, проявляющийся в отсутствии сцепления паяемого материала с материалом паяного слоя (рисунок 2.б).



а)



б)

Рисунок 2 – Дефекты паяных соединений типа несплошность: дефект типа «непропай» (а); дефект типа «неспай»

Зачастую, качество ПС определяется гидравлическими испытаниями на прочность, пневматическими испытаниями на герметичность, а также огневыми испытаниями. Поскольку данные виды испытаний являются разрушающими, невозможно обеспечить целостность ТА в процессе его изготовления. Таким образом, остро стоит вопрос о создании технологий НК ПС ТА.

В настоящее время, существуют методики НК, позволяющие выявлять дефекты типа

«непропай» и «частичный непропай» [3, 4]. Проанализировав данные работы, было отмечено, что ультразвуковой эхо-импульсный метод является наиболее перспективным методом контроля качества ПС ТА. Также, проведя анализ текущих достижений в области неразрушающего контроля паяных соединений, был сделан вывод, что на данный момент существуют методы и средства контроля, позволяющие обнаруживать дефекты типа «непропай» и «частичный непропай». Однако, данные методики не

позволяют гарантированно выявлять дефект типа «неспай» в ПС ТА, что существенно увеличивает риски отказа всего изделия при воздействии эксплуатационных нагрузок. Предполагается, что для обеспечения выявления дефектов типа «неспай» необходимо использовать комбинирование эхо-импульсного и теневого метода ультразвукового контроля.

Ультразвуковой эхо-метод основан на возбуждении упругих колебаний в объеме контролируемого изделия и регистрации отраженного от дефекта сигнала. Информативными параметрами при применении эхо-импульсного метода являются амплитуда и время прихода

эхо-сигнала. В бездефектном ПС ультразвуковой сигнал проходит через границу раздела двух акустически разнородных сред, что обуславливает возникновение акустического импеданса (отражения) на данной границе. Величина импеданса существенно зависит от сплошности диффузионной границы. Наличие в ПС дефекта типа «непропай» приведёт к незначительному увеличению акустического импеданса. При многократном прохождении диффузионного раздела сред ультразвуковой волной заметно большее её затухание при наличии «неспая», по сравнению с однородным соединением.

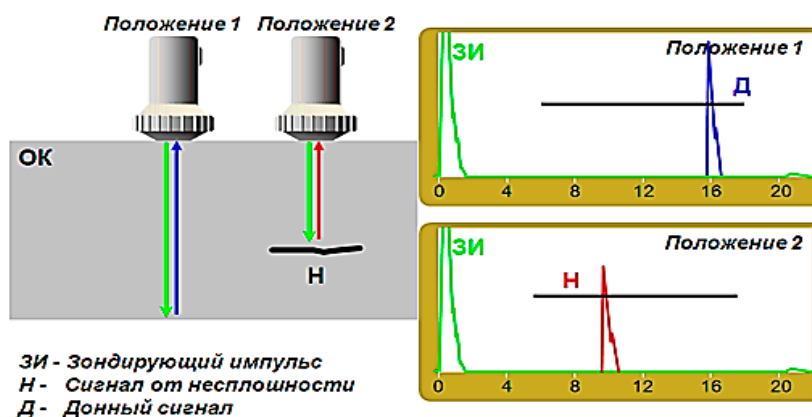


Рисунок 3 – Схема распространения ультразвуковых колебаний при эхо-методе

Ультразвуковой теневой метод основан на генерации ультразвуковых колебаний пьезоэлектрическим преобразователем, работающим в режиме излучения, и приеме прошедшего через объект контроля сигнала приемным преобразователем. Признаком обнаружения дефекта, при использовании данного метода, является

ослабление прошедшего сигнала, вызванного экранированием части ультразвукового пучка несплошностью. В ПС, содержащим дефекты типа «непропай» и «неспай», амплитуда прошедшего сигнала уменьшается, по сравнению с прошедшим сигналом на бездефектном ПС.

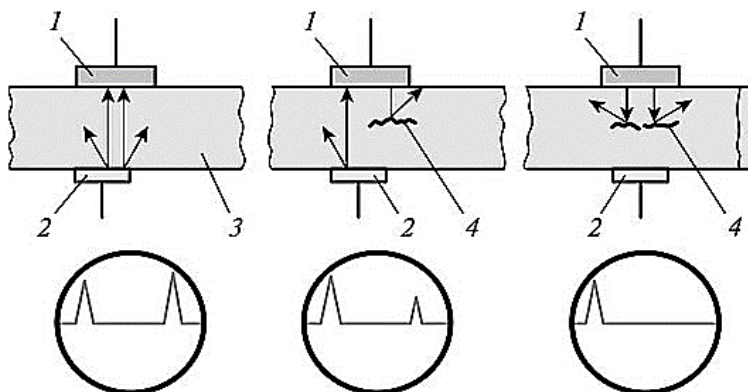


Рисунок 4 – Схема распространения ультразвуковых колебаний при теневом методе:  
1 – излучатель, 2 – приемник, 3 – объект контроля, 4 – несплошность

Для упрощения интерпретации полученных результатов и визуализации контролируемого сечения ТА, предлагается использовать де-

фектоскоп с фазированными антенными решетками (ФАР), реализующим ультразвуковой эхо-метод.

Главное преимущество технологии ФАР перед одноэлементным пьезоэлектрическим преобразователем (ПЭП) заключается в том, что управление лучом и его фокусировка осуществляется с помощью одного преобразователя содержащим множество пьезоэлементов. Последовательное возбуждение пьезоэлементов образующих активную апертуру ФАР позволяет задавать фокальные законы для контролируемого сечения объекта, тем самым добиваясь наилучшей чувствительности на определенной глубине. Секторное сканирование, используется

для картографирования объектов, что значительно упрощает контроль объектов со сложной геометрией, таких как ТА. Большая, чем у одноэлементных ультразвуковых преобразователей апертура позволяет при установке ФАР на поверхность изделия регистрировать на экране дефектоскопа сигналы, соответствующие внутренней структуре объекта контроля под датчиком. Типовой S-скан с ПС с непропаем представлен на рисунке 5.

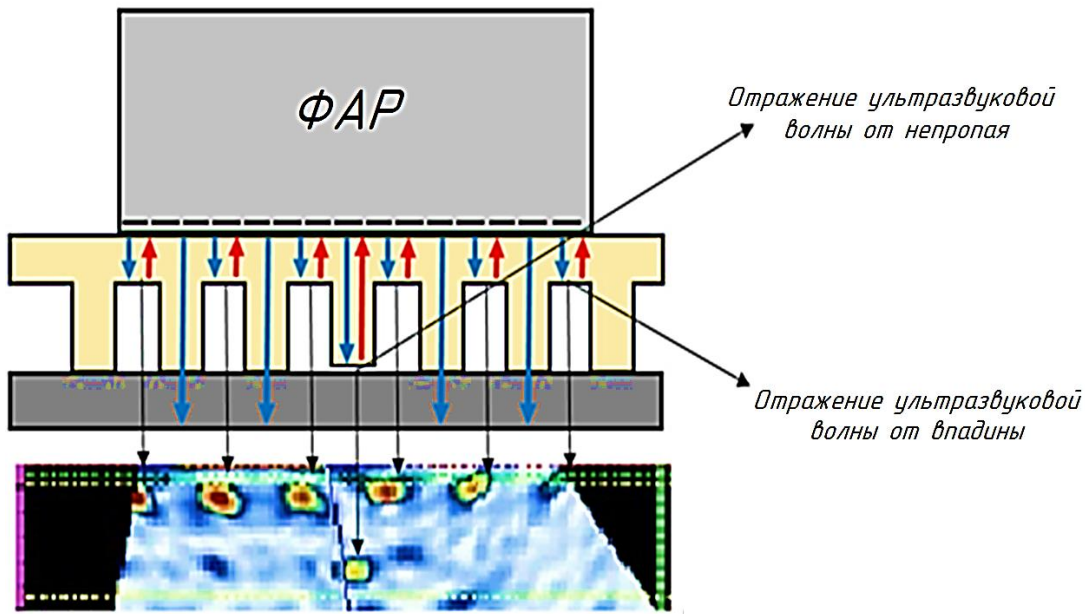


Рисунок 5 – Схема распространения ультразвуковых волн (УЗВ) на участке ПС ТА с непропаем при использовании ФАР

Реализация схем сканирования эхо-импульсным и теневым методом ввиду сложности внутренней оребренной структуры ОК накладывает значительные ограничения на скорость и точность результатов ручного контроля. Проведение сплошного ручного контроля ТА крайне трудоемко, что в свою очередь повышает вероятность ошибки оператора при проведении и анализе результатов сканирования.

Повышение скорости и достоверности результатов контроля возможно за счет автоматизации процесса сканирования. Проведение автоматизированных измерений с точки зрения механики заключается в перемещении преобразователя по поверхности объекта контроля с постоянной скоростью по заданной траектории. Поскольку, для ввода ультразвуковых волн в ОК используется иммерсионная жидкость, требуется соблюдать постоянный по величине зазор между ПЭП и поверхностью ОК.

Перед проведением контроля фактическая геометрия профиля ОК неизвестна, а источником исходных данных является ограниченный дискретный набор численных значений радиуса кривизны сопла в некоторых точках, удаленных от критического сечения. Для проведения сканирования всей поверхности ОК этих данных недостаточно, поэтому необходимо вычислить значения координат точек в промежутках между известными точками. Такая задача называется аппроксимацией, а ее результатом является функция, описывающая геометрический профиль ОК. Результаты различных методов аппроксимации представлены на рисунке 6.

Немаловажным вопросом является выбор схемы сканирования ТА. Сложность выбора схемы сканирования заключается в том, что в некоторых схемах сканирования сложная траектория движения датчика может привести к

накапливанию погрешности результатов измерений, тем самым это приводит к снижению достоверности результатов контроля.

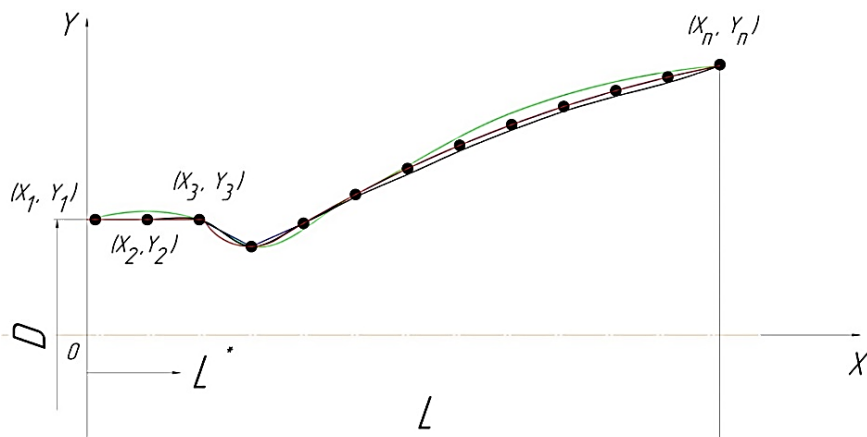


Рисунок 6 – Профиль ГА, полученный различными методами аппроксимации

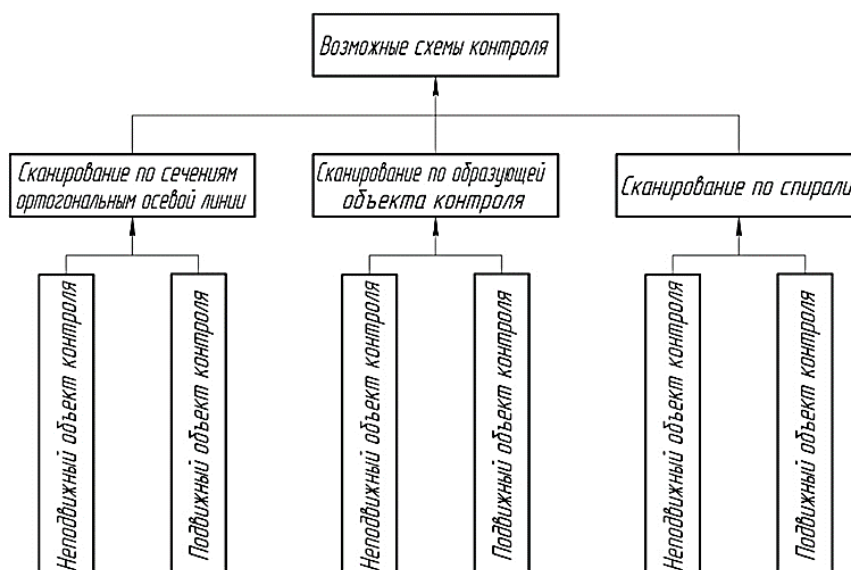


Рисунок 7 – Классификация возможных схем проведения контроля

Согласно Рисунку 7 возможные схемы проведения автоматизированных измерений условно можно разить на 3 группы: сканирование по сечениям ортогональным осевой линии; сканирование по образующей; сканирование по спирали. Каждая из предложенных схем имеет как преимущества, так и недостатки, критерием выбора той или иной схемы служит простота исполнения. Проведя качественный анализ, установлено, что наиболее рациональной схемой, является схема сканирования по сечениям ортогональным осевой линии с неподвижным объектом контроля. Данная схема сканирования является наиболее простой и при этом позволяет обеспечить требуемую точность измерений.

Сущность данной схемы сканирования заключается в жесткой фиксации и центрировании объекта контроля, а также, позиционировании датчика относительно поверхности объекта контроля. После чего происходит перемещение датчика на один оборот относительно центральной оси, перемещении датчика на шаг равный ширине пятна контакта датчика и последующие перемещение на один оборот датчика вокруг оси. Данная схема контроля позволяет получать чередующуюся оптоакустическую картину «ребро-канавка» и не зависит от изменения числа ребер в контролируемом сечении. Таким образом, осуществляется сканирование всей поверхности ГА. Применение схемы сканирования

по образующей осложнено еще и тем, что количество ребер не постоянно по всей длине ТА, что приводит к неоднозначности результатов измерения и последующей их неадекватности. Так же недостатком остальных схем контроля является сложность траектории движения датчика, что приводит к накоплению погрешности результатов измерений, что приводит к недостоверности результатов измерений.

В результате анализа была выбрана рациональная схема проведения автоматизированных измерений на основе, которой был разработан алгоритм контроля качества паяных соединений ТА, а также, схема движения датчика при проведении автоматизированных измерений геометрических характеристик дефектов паяных соединений ТА представлена на рисунке 8.

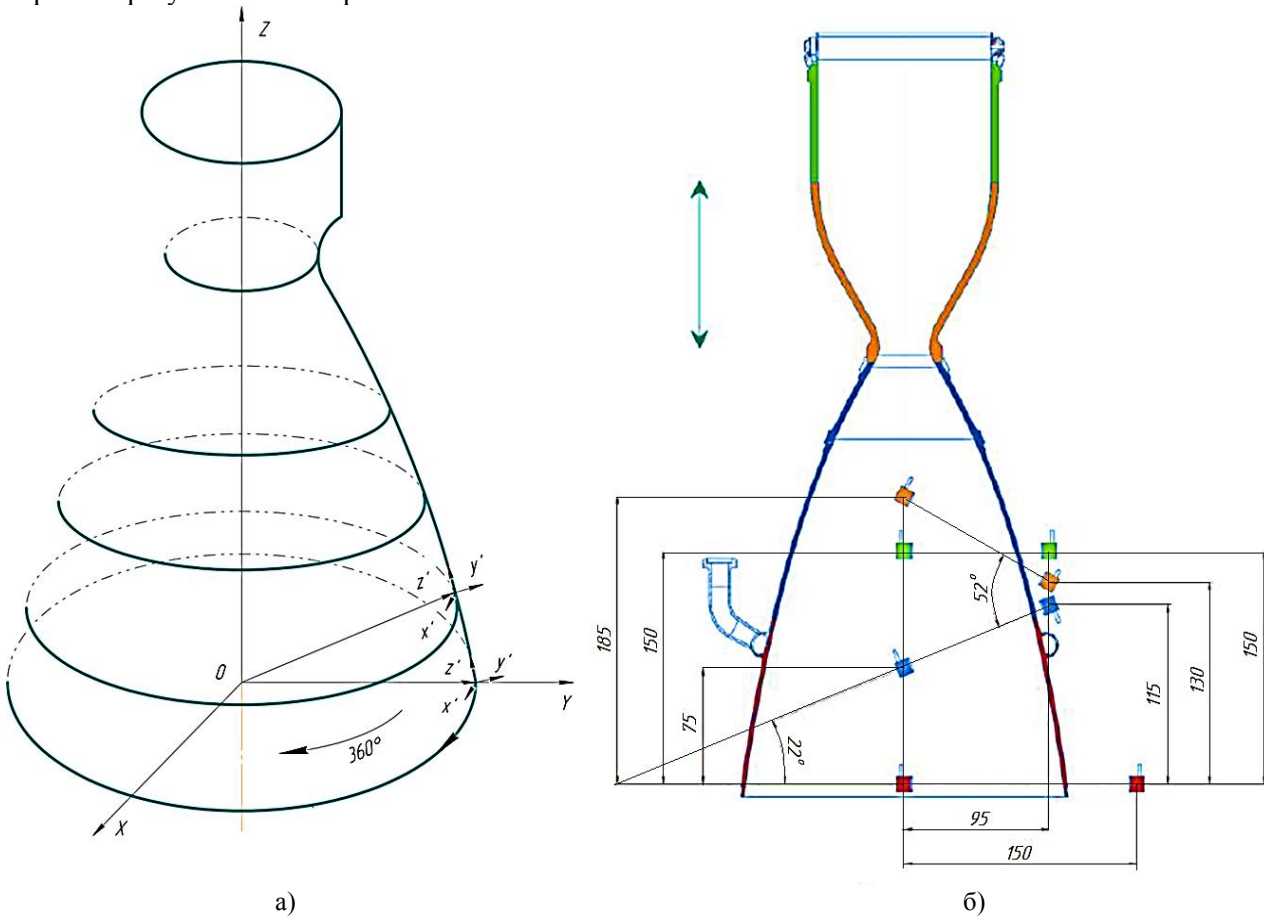


Рисунок 8 – Схема проведения контроля (а); схема расположения датчиков относительно поверхности объекта контроля

Автоматизации процесса НК ПС ТА, позволит:

- Минимизировать влияние человеческого фактора при проведении НК, так как квалификация оператора не будет влиять на процесс измерений;
- Стабилизировать акустический контакт за счет использования иммерсионных ванн/струйных подач иммерсионной жидкости, а также постоянного зазора между ПЭП и ОК;
- Повысить оперативность контроля за счет повышения скорости сканирования и протоколирования результатов контроля по удобной для интерпретации форме (В-скан, С-скан).

Проведя анализ автоматизированных установок контроля, установлено, что все уста-

новки имеют схожее устройство. Процесс контроля осуществляется по следующей схеме: перед проведением контроля оператор вводит начальные данные в блок сбора и обработки информации, после чего формируется управляющая программа и подается на средства автоматизации (двигатели устройства обеспечения контакта и т.д.). Средства автоматизации передают механическое воздействие на датчик, который входит в состав средства измерения, результаты измерений передаются на блок сбора и обработки информации, где происходит корректировка управляющей программы для получения достоверной информации. Функциональная схема автоматизированной ультразвуковой установки представлена на рисунке 9.



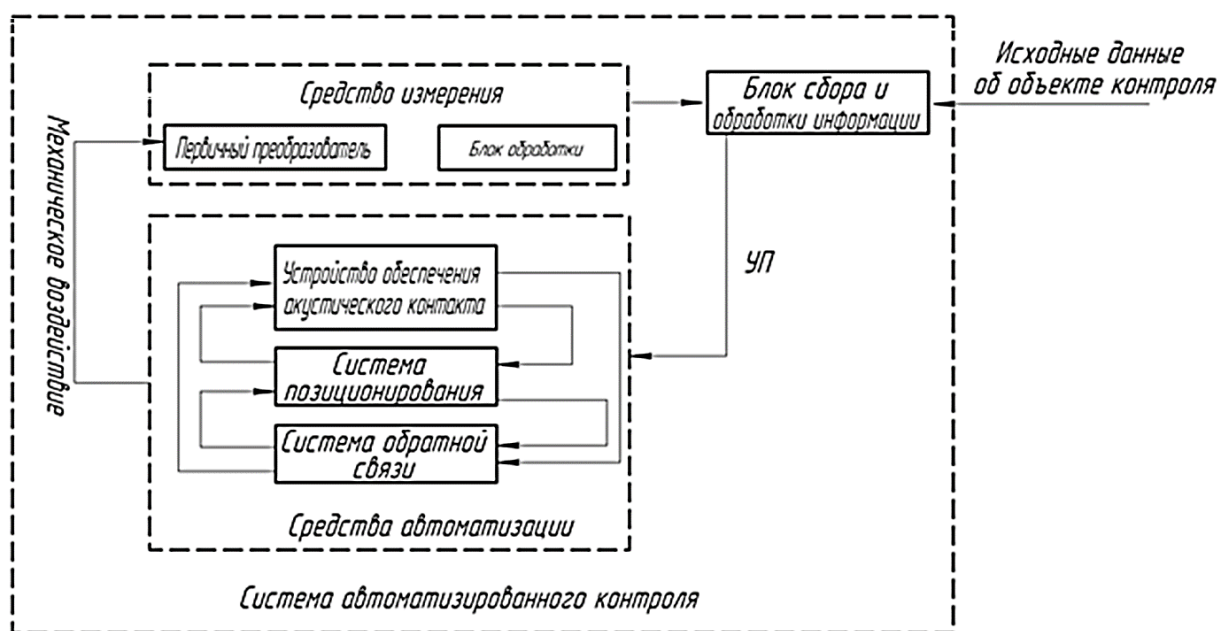


Рисунок 9 – Функциональная схема автоматизированной ультразвуковой установки

Так же в результате анализа установлено, что, не смотря на большое разнообразие автоматизированных систем контроля качества, все они направлены на контроль изделий цилиндрической формы (трубы различных диаметров). Контроль изделий плоскопараллельной формы (листовой прокат) осуществляется, как правило, либо ручным способом контроля, либо в механизированном режиме с применением различного рода оснасток и приспособлений. Автоматизированный контроль изделий сложной геометрической формы в настоящий момент практически не осуществляется из-за отсутствия изделий такой формы в областях народного хозяйства. Тем самым задача по автоматизации неразрушающего контроля качества паяных соединений ТА является актуальной.

#### Выводы

Проведен анализ методов и средств ультразвуковой дефектоскопии, в части их применимости для выявления дефектов типа «неспай» и «непропай» в паяных соединениях орбренных конструкций теплообменных аппаратов. Для повышения вероятности обнаружения дефектов в паяных соединениях, принято решение использовать комбинированный эхо-импульсный и теневой методы. Для упрощения интерпретации и визуализации результатов сканирования предлагается использование технологии ФАР для реализации эхо-метода. Поскольку реализация схем контроля ТА требует значительных временных затрат при ручном сканировании, для повышения скорости и достоверности

результатов предлагается автоматизировать процесс контроля. Рассмотрены основные вопросы, возникающие при создании автоматизированных установок неразрушающего контроля. В результате анализа существующих автоматизированных установок, были определены основные принципы для автоматизации технологии контроля.

#### Литература

1. Сергеев Д.С., Федоров А.В., Баринов А.В., Астрединова Н.В. Автоматизированный лазерно-ультразвуковой метод контроля качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 1. С. 139–149.
2. ГОСТ 17325-79. Пайка и лужение. Основные термины и определения: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 11 октября 1979 г. N 3914: дата введения 1981-01-01. М.: Издательство стандартов, 1990. – 22 с.
3. Кинжагулов И.Ю. Модель термооптического возбуждения ультразвуковых волн в паяных тонкостенных изделиях // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. Т. 54. № 7. С. 39–44,
4. Сергеев, Д. С. Методика контроля качества паяных соединений камер ЖРД с применением метода лазерно-ультразвуковой диагностики / Д. С. Сергеев, Н. В. Астрединова // Сборник трудов II Всероссийский конгресс молодых ученых. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – С. 67.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕКИ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Н.Л. Великанов<sup>1</sup>, В.А. Наумов<sup>2</sup>, С.И. Корягин<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>*Калининградский государственный технический университет (КГТУ),  
Россия, 236000, г. Калининград, Советский пр., 1;*

<sup>3</sup>*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (БФУ им. Канта),  
Россия, 236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14*

Рассматриваются статистические ряды многолетних наблюдений за температурой окружающего воздуха, осадками, водностью рек Калининградской области. Рассчитываются слои испарения и суммы годовых осадков.

Построен гидрологический ряд реки Преголи. Произведен расчет линейного тренда среднегодовых расходов. Получена горизонтальная прямая линия с относительным изменением немногим больше одного процента, что лежит в пределах погрешности измерений. Разброс значений годового расхода явно увеличивается со временем. Помесячные значения стока различны за интервал в 130 лет. В отдельных случаях наблюдается снижение расходов в весенние месяцы (половодье) и возрастание паводковых явлений, в том числе в отдельные зимние месяцы. В Калининградской области велика роль дождевых паводков.

*Ключевые слова:* гидрологический ряд, дождевой паводок, нагонное наводнение, средний годовой слой стока, речная сеть, водный цикл, водность реки.

## DETERMINATION OF THE HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RIVER TAKING INTO ACCOUNT REGIONAL PECULIARITIES

N. L. Velikanov, V. A. Naumov, S. I. Koryagin

*Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU), Russia, 236041, Kaliningrad, st. A. Nevsky, 14;*

*Kaliningrad State Technical University (KSTU), Russia, 236000, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1*

Statistical series of long-term observations of ambient air temperature, precipitation, and water content of rivers of the Kaliningrad region are considered. Evaporation layers and annual precipitation amounts are calculated.

The hydrological series of the Pregoli River has been built. The characteristic of the Pregoli River (average annual flow) has remained unchanged for 130 years. The linear trend of average annual expenses is calculated. A horizontal straight line was obtained with a relative change of a little more than one percent, which lies within the measurement error. In some cases, there is a decrease in expenses in the spring months (high water) and an increase in flood events, including in some winter months. In the Kaliningrad region, the role of rain floods is great.

*Keywords:* hydrological series, rain flood, surge flood, average annual runoff layer, river network, water cycle, water content of the river.

### Введение

Гидрологические характеристики являются важнейшим показателем водотока, определяющим максимальные и минимальные уровни, расходы, скорости течения. Актуальность их определения связана с оценкой возможности существования самого водотока, степени его влияния на окружающую среду. Один из вариантов сохранения биоразнообразия предусматривал защиту 17 % внутренних водных пространств к 2020 году [1]. Из общего числа рек в мире, примерно 16% находятся в пределах охраняемых

территорий. Степень защиты варьируется в зависимости от речных бассейнов, стран и континентов. Реки с высоким уровнем стока, как правило, имеют меньшую степень защиты [1].

Эффективные программы восстановления и управления реками требуют понимания переменных режимов течения реки, а также физической и экологической перспективы водосборных бассейнов [2]. В различных бассейнах мира применяются разные гидрологические методы для получения оценок на основе данных о

<sup>1</sup>*Великанов Николай Леонидович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, тел. 8 (4012) 99 53 37; e-mail: monolit8@yandex.ru;*

<sup>2</sup>*Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, тел. 8 (4012) 99 53 37; e-mail: vladimir.naumov@klgtu.ru;*

<sup>3</sup>*Корягин Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор образовательно-научного кластера «институт высоких технологий», тел. 8 (4012) 595 585; e-mail: SKoryagin@kantiana.ru.*

долгосрочных сбросах. Эти методы имеют ограничения, связанные с интеграцией разнообразных водных экосистем, прибрежной растительности, речной геоморфологии и вклада подземных вод в общее распределение стока. Будущие исследования по оценке водных потоков должны включать: водную прибрежную среду обитания во время паводков и засух, взаимодействие поверхностных и подземных вод, влияние загрязнений нагрузка и забора воды на речные системы [2].

Сток рек изменяется во времени, и поддержание естественного режима стока имеет важное значение [3]. Однако динамика естественного режима стока в настоящее время меняется из-за изменения климата, повсеместного регулирования речных потоков. Изменение течения рек и ручьев сопряжено с большими затратами. Изменение режима естественного стока привело к разрушению многих устойчивых речных систем. Для обеспечения надлежащих режимов естественного стока для речных организмов и устойчивой взаимосвязи между спросом на энергию, потребностями в воде и климатом требуется больше понимания для изучения последствий изменения режима естественного стока, вызванного изменением климата и антропогенным вмешательством [3].

Потоки ручьев нелинейные и сложные по своей природе в любой гидрологической системе. Отсутствие доступных данных для моделирования требует использования модели с высокой точностью и эффективностью, которая способна генерировать точные гидрологические характеристики. Результаты исследования [4] показывают, что производительность модели резко улучшается после включения речного стока в качестве входного параметра.

Большое разнообразие рек по характеристикам, географическим, климатическим условиям в районах их протекания делает проблему определения гидрологических характеристик рек и их классификацию довольно сложной для теоретического решения в общем виде. Поэтому большое значение имеет накопление эмпирических материалов, полученных в процессе изучения отдельных водотоков.

Непостоянные реки и ручьи распространены на нашей планете повсеместно. В настоящее время не существует широко используемого определения того, через сколько дней или на какой протяженности поверхностный сток должен прекратиться, чтобы классифицировать реку как непостоянную [5]. В то же время различие климатических и географических условий для рек, не являющихся многолетними, приводит к разнообразию режимов их стока, например, к тому,

как часто или как быстро они пересыхают. В научной литературе имеется достаточно большой объем материалов, посвященных их экологическим и геоморфологическим особенностям, но, мало материалов по их гидрологии. Тем не менее, имеются сведения об их гидрологии с точки зрения процессов формирования стока, потерь воды и изменчивости стока. Они распространены в засушливых регионах, они встречаются во всех типах климата и подвергаются разнообразному набору естественных и антропогенных средств контроля за потоком [5].

Оценка воздействия изменения климата на трансграничную реку играет важную роль в поддержании водной безопасности как внутри, так и за пределами национальных границ [6]. Иногда одностороннее решение, принятое одной страной, может увеличить риск негативного воздействия на прибрежные страны [6].

Гидрологическое исследование палеопотоков позволило документировать естественные свидетельства по меньшей мере 27 палеопотоков высокой величины на шести участках Нижней Грин-Ривер, штат Юта (США) [7]. Проведен гидравлический анализ с использованием 2D-модели. По меньшей мере 14 из пиков сброса палеопотока превышают уровень, вдвое превышающий максимальную систематическую запись измеренных потоков. Геохронологический анализ показывает, что эти 14 крупнейших пиков палеопотока произошли за последние 700 лет. Интеграция данных о палеопотоках в анализ частоты наводнений показывает значительно более высокие значения, чем метод, основанный исключительно на систематических измеренных данных, указывающий на то, что экстремальные наводнения являются более масштабными и частыми, чем подразумевается относительно короткой измеренной записью. Научное понимание важности естественных доказательств необходимо для достижения достоверной оценки экстремального риска наводнений на водоразделе [7].

Кодирование речной сети важно для гидрологической модели в аспектах моделирования водных циклов, оценки водных ресурсов и прогнозирования экстремальных гидрологических явлений [8]. Однако существующие методы кодирования речной сети имеют ряд недостатков. Структура кодирования речной сети слишком сложна для понимания, топологию речной сети трудно идентифицировать, возможности кодирования речной сети ограничены. В статье [8] предложен топологический и иерархический метод кодирования рек, основанный на речной сети, созданной с помощью цифровых высот. Это позволяет систематически определять

уровни рек на основе гидрологической структуры. В качестве примера рассмотрен бассейн реки Амазонка, крупнейшего водораздела в мире. Результаты позволяют контролировать уровень реки и плотность речных сегментов, гибко настраивать цифровые номера кода для соответствия различным бассейнам с обильными или малыми реками, легко строить топологические взаимосвязи, автоматически кодировать с помощью компьютерной программы.

Строительство плотин на горных реках в узких долинах всегда порождает проблему отклонения речных вод в период строительства [9]. Это становится особенно важным в периоды паводковых волн, угрожающих наводнениями, приносящими значительные убытки строителям. Оценка стока реки на участке плотины при отсутствии наблюдений за течением реки должна проводиться различными методами. В статье [9] предлагается выполнить работу с использованием гидрологических моделей, частично основанных на эмпирических формулах.

Крупные водохранилища оказывают воздействие на водную среду ниже по течению, но гидроэлектростанциям с небольшой емкостью или без нее для хранения притока воды (т.е. стока реки) уделяется меньше внимания [10]. Несмотря на то, что в тропических реках поймы мало изучены, гидроразрыв крупных речных плотин может негативно сказываться на судоходстве и рыболовстве.

В работе [11] исследованы пространственное и временное разрешение для точного определения выхода наносов из притоков и суббассейнов, которые входят в основное русло реки. Проводилась оценка долгосрочной гидрологии бассейна и отложений. Модель была откалибрована и подтверждена (1985 – 2016) с ежемесячным временным шагом. Полученный выход отложений, и пространственная карта эрозии почв могут наглядно проиллюстрировать идентификацию и определение приоритетов критических зон, подверженных эрозии почв в суббассейнах [11].

Предметом исследования является методика расчета гидрологических характеристик реки.

Цель – показать на примере одного региона недостатки методик, основанных на осредненных данных и универсальных моделях.

Задачи исследования – проанализировать математические модели, обобщенные эмпирические зависимости, систематически собираемые и обрабатываемые материалы наблюдений, измерения, необходимые для расчета гидрологических характеристик реки.

раемые и обрабатываемые материалы наблюдений, измерения, необходимые для расчета гидрологических характеристик реки.

### Материалы и методы

Расчет гидрологических характеристик рек основан на систематически собираемых и обрабатываемых материалах наблюдений, измерений. При этом применяются различные математические модели, обобщенные эмпирические зависимости [12-17]. Важнейшим фактором, влияющим на возможность применения тех или иных моделей, является региональные климатические особенности [18]. Примером может служить Калининградская область, где температура в зимний период неоднократно меняется от положительной к отрицательной, отмечаются значительные дождевые паводки, нагонные наводнения [19-22].

На рис. 1 приведены изолинии среднего годового слоя стока, на рис.2 – информация о водности рек региона.

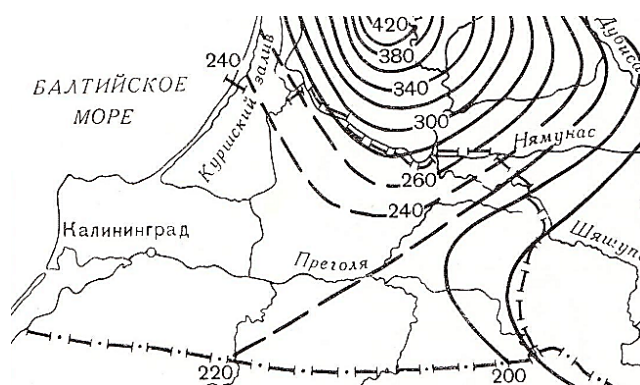


Рисунок 1 – Карта изолиний среднего годового слоя стока, мм [19]

Одновременно идут два процесса увеличения слоя испарения и суммы годовых осадков. Рост слоя испарения связан с увеличением среднегодовой температуры воздуха.

### Результаты исследования

На рис. 3 построен гидрологический ряд реки Прегиоли в створе города Гвардейска<sup>1</sup>. Видно, что характеристика реки Прегиоли (среднегодовой сток) остается неизменной.

Произведен расчет линейного тренда среднегодовых расходов (прямая линия на рис. 3):

$$R_1(G) = 71,40 + 0,007586 \cdot G, \quad (1)$$

Здесь  $G$  – год. Рассчитаем по формуле (1) относительное изменение за весь период на рис. 3:

$$100(R_1(2020) - R_1(1891)) / R_1(1891) = 1,14\%.$$

<sup>1</sup> АИС ГМВО [Электронный ресурс]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 08.12.2021).

Получилось, что относительное изменение немногим больше одного процента. Это в пределах погрешности измерений.

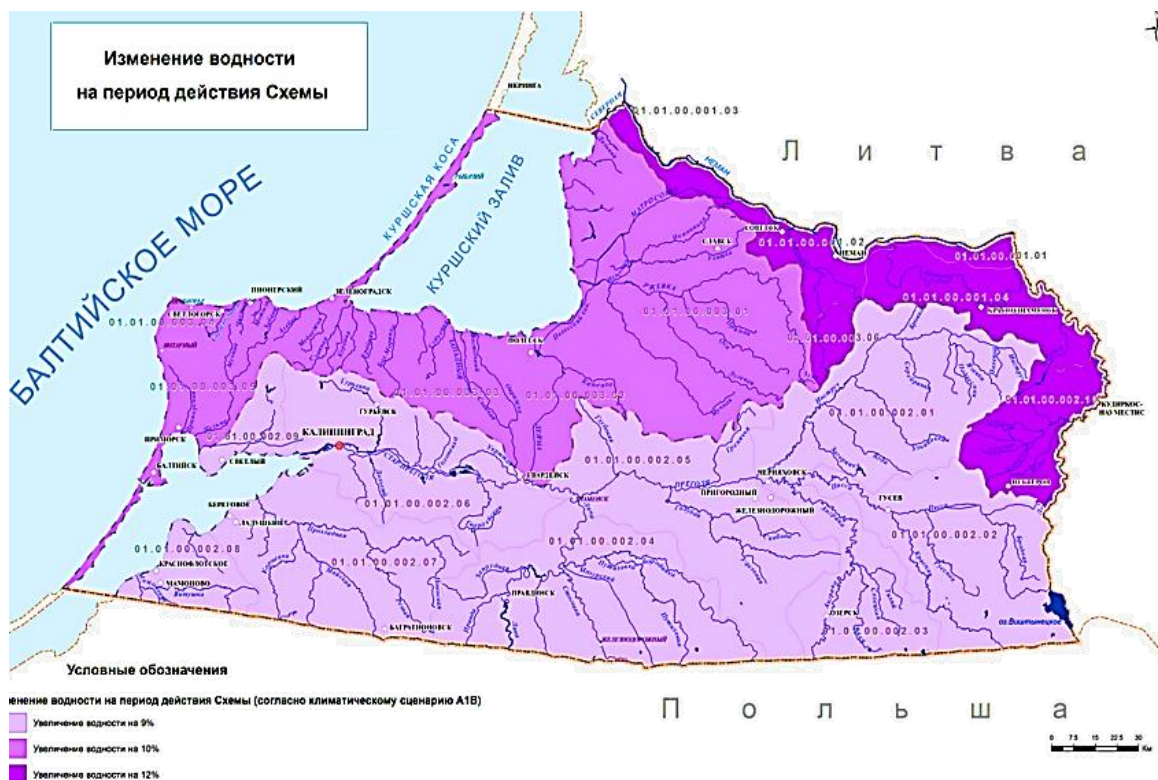


Рисунок 2 – Карта водности рек региона (прогноз)

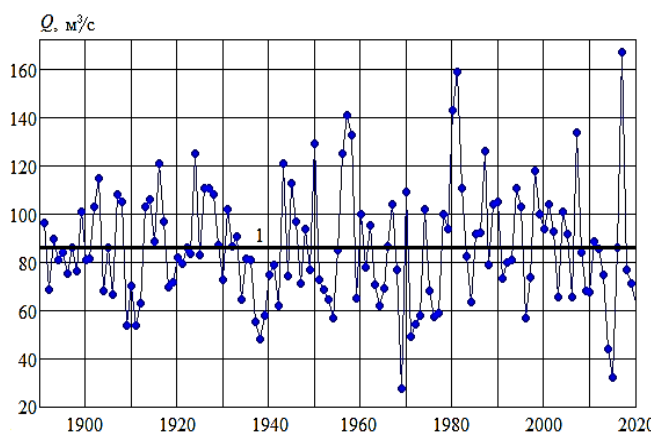


Рисунок 3 – Гидрологический ряд реки Преголи (Гвардейск): 1 – линейный тренд

Разброс же значений годового расхода явно увеличивается со временем. Так наименьшее значение  $27,8 \text{ м}^3/\text{с}$  было в 1969 году, а наибольшее  $167 \text{ м}^3/\text{с}$  – в 2017 году. Оценим отклонение отношением  $\theta_i = (Q_i - Q_s)/Q_s$ , где  $Q_s = 86,2 \text{ м}^3/\text{с}$  – средний многолетний расход (норма годового расхода). По рис. 4 видно, что отклонение  $\theta$  растет со временем.

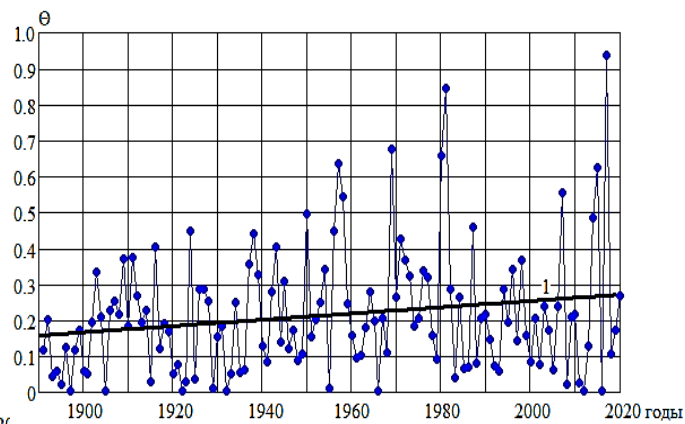


Рисунок 4 – Модули относительного отклонения среднегодовых расходов от линейного тренда реки Преголи (Гвардейск): 1 – линейный тренд отклонений

В отличие от средних годовых значений стока помесячные значения различны за интервал в 130 лет. Пример на рис. 5 показывает снижение расходов в весенние месяцы (паводье) и возрастание паводковых явлений, в том числе в отдельные зимние месяцы. В Калининградской области велика роль дождевых паводков.

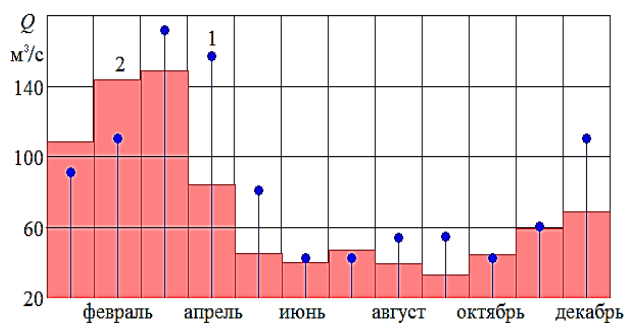


Рисунок 5 - Расходы реки Преголи по месяцам (Гвардейск): 1 – 1901-1915; 2 – 2000-2014

### Заключение и обсуждение

Уменьшение вклада весеннего половодья в годовой сток рек Калининградской области связано с зимними оттепелями. Так, по данным справочника<sup>2</sup>, на реке Преголе у города Гвардейска средняя продолжительность ледостава (за 1901-1980 годы) составила 72 дня. Все ледовые явления, включая шугоход, в среднем

продолжались 97 дней в гидрологическом году. Наибольшая продолжительность ледостава (142 дня) была зафиксирована в холодный период 1941-42 года.

По данным АИС ГМВО была составлена табл. 1 продолжительности ледостава Т<sub>лс</sub> (2008-2019). Среднее значение за 12 лет 41, 7 суток, что на 71,4% ниже, чем за 1901-1980 годы. Причем нередко период ледостава прерывался оттепелью. В качестве примера на рис. 6 показаны ночная и дневная температура воздуха, расход воды и ледовые явления в январе-феврале 2019 года реки Преголи у города Гвардейска. Видно, что из-за повышения температуры в 3-й декаде января неполный ледостав сменился шугоходом с увеличением расхода воды. В дальнейшем температура вновь понизилась, на 17 дней установился неполный ледостав, расход воды упал. Ранее (и невысокое) половодье наблюдалось во второй половине февраля. В конце 2019 года ледовых явлений зафиксировано не было.

Таблица 1 – Продолжительность ледостава за 12 лет

Год	Т <sub>лс</sub> , дней	Год	Т <sub>лс</sub> , дней	Год	Т <sub>лс</sub> , дней	Год	Т <sub>лс</sub> , дней
2008	17	2011	64	2014	47	2017	51
2009	39	2012	71	2015	11	2018	25
2010	85	2013	36	2016	30	2019	24

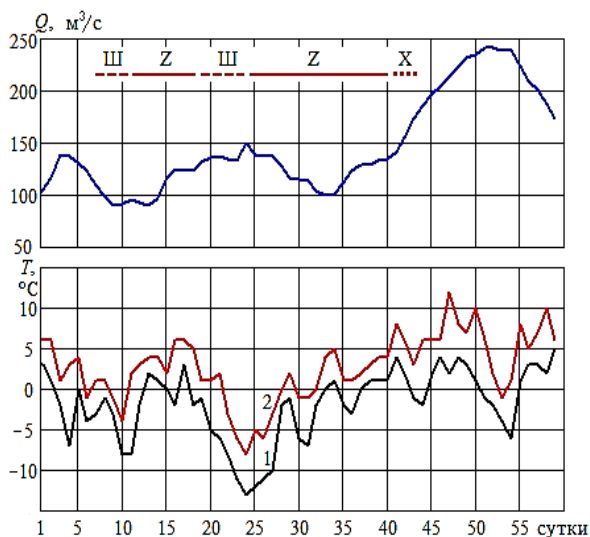


Рисунок 6 – Температура воздуха (1 – ночная, 2 – дневная), расход воды и ледовые явления в январе-феврале 2019 года реки Преголи у города Гвардейска: Ш – средний и густой шугоход, Z – неполный ледостав, X – редкий ледоход

Отдельная проблема – разработка метода определения расчетных максимальных уровней в устье реки Преголи (на территории города Калининграда) с учетом сгонно-нагонных

явлений (см. [21-22]). Здесь эту проблему подробно рассматривать не будем.

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 22-27-20016.

### Литература

1. Opperman J.J., Shahbol N., Maynard J., Grill G., Higgins J., Tracey D., Thieme M. Safeguarding Free-Flowing Rivers: The Global Extent of Free-Flowing Rivers in Protected Areas. – Sustainability. 2021. V.13. I.5 (2805). DOI 10.3390/su13052805.
2. Sharma U., Dutta V. Establishing environmental flows for intermittent tropical rivers: Why hydrological methods are not adequate? - International journal of environmental science and technology. 2020. V.17. I.5. Pp. 2949-2966. DOI 10.1007/s13762-020-02680-6.
3. Sofi M.S., Bhat S.U., Rashid I., Kuniyal J.C. The natural flow regime: A master variable for maintaining river ecosystem health. – Ecohydrology. 2020. V.13. I.8 (e2247). DOI 10.1002/eco.2247.

<sup>2</sup> Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Реки и каналы. Т. 1. РСФСР. Вып. 4.

Бассейны рек Калининградской области / Под ред. Н.В. Шаблиевой. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. 88 с

4. Sharma P., Singh S., Sharma, S.D. Artificial Neural Network Approach for Hydrologic River Flow Time Series Forecasting. - *Agric Res* (2021). <https://doi.org/10.1007/s40003-021-00585-5>.
5. Shanafield M., Bourke S.A., Zimmer M.A., Costigan K.H. An overview of the hydrology of non-perennial rivers and streams. - *Wiley interdisciplinary reviews-water*. 2021. V. 8. I. 2(e1504). DOI 10.1002/wat2.1504.
6. Zam P., Shrestha S., Budhathoki A. Assessment of climate change impact on hydrology of a transboundary river of Bhutan and India. - *Journal of water and climate change*. 2021. V. 12. I. 7(SI). Pp. 3224-3239. DOI 10.2166/wcc.2021.338.
7. Liu T., Greenbaum N., Baker V.R., Ji L., Onken J., Weisheit J., Porat N., Rittenour T. Paleoflood hydrology on the lower Green River, upper Colorado River Basin, USA: An example of a naturalist approach to flood-risk analysis. - *Journal of hydrology*. 2020. V. 580. (124337). DOI 10.1016/j.jhydrol.2019.124337.
8. Wang K., Yan D.H., Qin T.L., Weng B.S., Wang H., Bi W.X., Li X.N., Dorjsuren B. A new topological and hierarchical river coding method based on the hydrology structure. - *Journal of hydrology*. 2020. V. 580 (124243). DOI 10.1016/j.jhydrol.2019.124243.
9. Nitcheva O., Dobрева P., Milev B., Bournaski E. Hydrology models application to solution of the river deviation problem during dam construction. - *Journal of theoretical and applied mechanics-Bulgaria*. 2019. V. 49. I. 2. Pp. 190-200.
10. Almeida R.M., Hamilton S.K., Rosi E.J., Barros N., Doria C.R.C. Flecker A.S., Fleischmann A.S., Reisinger A.J., Roland F. Hydropeaking Operations of Two Run-of-River Mega-Dams Alter Downstream Hydrology of the Largest Amazon Tributary. - *Frontiers in environmental science*. 2020. V. 8 (120). DOI 10.3389/fenvs.2020.00120.
11. Sok T., Oeurng C., Ich I., Sauvage S., Sanchez-Perez J.M. Assessment of Hydrology and Sediment Yield in the Mekong River Basin Using SWAT Model. - *Water*. 2020. V. 12. I.12 (3503). DOI 10.3390/w12123503.
12. Xu Y, Zhang X., Hao Z., Hao F., Li C. Systematic assessment of the development and recovery characteristics of hydrological drought in a semi-arid area. - *Science of the Total Environment*. 2022. V.83625(155472). DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.155472.
13. Laini A., Burgazzi. G., Chadd R., England J., Tziortzis I., Ventrucci M., Vezza P., Wood P.J., Viaroli P., Guareschi S. Using invertebrate functional traits to improve flow variability assessment within European rivers.- *Science of the Total Environment*. 2022. V. 8321 (155047). DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.155047.
14. Li Y., Wang W., Wang G., Tan Q. Actual evapotranspiration estimation over the Tuojiang River Basin based on a hybrid CNN-RF model. - *Journal of Hydrology*. 2022. V. 610 (127788). DOI 10.1016/j.jhydrol.2022.127788.
15. Девятков В.С. Пространственная детализация фрактальной размерности речного стока на территории Северо-Западного региона России // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2012. № 26. С. 34-43.
16. Сикан А.В., Винокуров И.О., Тесленко Д.Д. Использование метода L-моментов для оценки параметров распределения максимальных расходов весеннего половодья рек Северо-Запада России // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2015. № 38. С. 21-27.
17. Гайдукова Е.В., Баймаганбетов А., Синкпеун Л., Бонгу Э.С. Сценарная оценка нормы изменений суммарных влагозапасов речных бассейнов // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2018. № 53. С. 113-122.
18. Ильинич В.В., Перминов А.В., Наумова А.А. Оценка влияния климатических характеристик и ландшафтных изменений на максимальный сток малых водосборов // *Вестник МГСУ*. 2021. Т. 16. Вып. 9. С. 1228–1235. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.9.1228-1235.
19. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т. 4, вып. 3. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР / под ред. В.Е. Водогрецкого. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1969. 508 с.
20. Наумов В.А., Великанов Н.Л. Особенности половодья и паводков реки Преголи // *Рыбное хозяйство*. 2019. № 4. С. 88-90.
21. Навроцкая С.Е., Гушин О.А., Стонт Ж.И. Колебания уровня реки Преголи в Калининграде (1996-2008) // *Вестник Российского государственного университета им. И. Канта*. 2011. Вып. 1. С. 28-35.
22. Москалец В.Ф., Любимова О.Е. Прогностические характеристики штормовых наводнений в устье реки Преголи (Калининградская область) // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта*. 2013. Вып. 1. С. 98-101.

## КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

С.Г. Гурьянов<sup>1</sup>, Р.Ф. Шаихов<sup>2</sup>

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова", Россия, 614990, г. Пермь, Петропавловская, д.23*

Нарушение технологий обслуживания и ремонта автомобилей, неэффективная работа персонала являются причинами, как экономических потерь предприятия, так и источником репутационных рисков. Определение потерь рабочего времени проводилось на базе типового автосервиса ООО «Набережная» в городе Пермь методом фотографии рабочего дня. В результате анализа выявлены нарушения заводских технологий работ. Решить проблему можно за счет дооснащения рабочих мест инструментом, усовершенствованием работы склада, ужесточением контроля над исполнителями.

*Ключевые слова:* обслуживание и ремонт автомобилей, эффективность труда, организация труда, потери рабочего времени, оснащение рабочих мест, производственный персонал, автосервис

### CONTROL OF TECHNOLOGICAL DISCIPLINE IN THE PERFORMANCE OF MAINTENANCE AND REPAIR OF CARS

S.G. Guryanov, R.F. Shaikhov

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov», 23, Petropavlovskaya str., Perm, 614990, Russia*

Violation of car maintenance and repair technologies, inefficient work of personnel are the causes of both economic losses of the enterprise and a source of reputational risks. The determination of the loss of working time was carried out on the basis of a typical service station LLC "Embankment" in the city of Perm by the method of photography of the working day. As a result of the analysis, violations of factory work technologies were revealed. The problem can be solved by retrofitting workplaces with tools, improving the work of the warehouse, tightening control over performers.

*Keywords:* car maintenance and repair, labor efficiency, labor organization, loss of working time, equipment of workplaces, production personnel, auto repair

Автомобильный транспорт выполняет существенный объем транспортной работы в масштабах страны. Так по данным Росстата в 2020 году объем перевозки грузов автомобильным транспортом составил 5405 млн. тонн или около 68% всех перевозок по стране [1]. Также необходимо отметить, что несмотря на рост цен и прогнозируемую стагнацию российского рынка автомобилей, количество транспортных средств в России превысило 60 млн. единиц [2]. Обеспечить работоспособность автомобилей, их дорожную и экологическую безопасность призвана система технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) [3]. Качественное выполнение операций ТО и Р возможно только в условиях специализированных предприятий – автосервисов, оснащенных необходимым обо-

рудованием, инструментом, а также укомплектованных высококвалифицированными специалистами, соблюдающими технологии выполнения работ [4].

Большая часть парка принадлежит физическим лицам, что в условиях перманентного экономического кризиса и снижения реальных доходов населения приводит к экономии на ТО и ТР и высокой конкуренции между автосервисами. Одним из самых простых и действенных способов привлечения клиентов является демпинг, однако, снижение стоимости оказываемых услуг может быть эффективно только в краткосрочной перспективе для привлечения новых клиентов, в долгосрочной – приведет к снижению прибыли. Более перспективным путем является повышение качества оказываемых услуг.

<sup>1</sup>Гурьянов Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и ремонта машин, тел.: +7 902 471-85-24, e-mail: gsg9171@yandex.ru;

<sup>2</sup>Шаихов Ринат Фидарисович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технического сервиса и ремонта машин, тел.: +7 902 644-90-14, e-mail: tsat@pgsha.ru.



Потребители, оплачивая услуги, ожидают как само собой разумеющееся, что все заявленные работы будут выполнены в полном объеме и автомобиль будет готов к эксплуатации точно в заявленный срок, хотя в реальности это не всегда так. Заводы-изготовители, желая продать как можно автомобилей, привлекают клиентов, в том числе, низкими ценами на ТО и ТР, которые достигаются уменьшением нормочасов при сохранении объема работ. При этом многие сервисы не имеют необходимого перечня оборудования, оснастки и инструмента, а персонал длительное время не проходил курсы повышения квалификации и работает не эффективно [5]. Кроме того, автосервисы, работающие без дилерского договора, т.е. независимые, как правило, не имеют доступа сервисным программам и технологиям ТО и Р завода-изготовителя [6].

С другой стороны, заработная плата слесаря зависит от количества отработанных нормочасов по заказ-нарядам, поэтому исполнитель заинтересован выполнить работу как можно быстрее, к примеру, пропуская или выполняя не полностью часть работ, которые сложно проверить (контрольно-осмотровые, крепежные). В результате, клиент оплачивает полную стоимость работ, а качество обслуживания и ремонта зависит от организации труда на конкретном предприятии и добросовестности слесаря.

Целью данной статьи является анализ работы производственного персонала автосервиса при проведении работ текущего ремонта.

В области оценки персонала проведено достаточно много исследований [7-9]. Однако, исследования направлены либо на управление человеческими ресурсами в целом, либо в других отраслях экономики: торговле, здравоохранении, образовании. Сервис автомобилей является достаточно специфической отраслью, персоналу недостаточно только теоретических навыков, работа с техникой подразумевает опыт работы «с железом», что слабо обеспечивается в современных образовательных учреждениях [10].

Экспериментальные исследования проводились на предприятии ООО «Набережная» в городе Пермь. Основной вид деятельности автосервиса - ТО и ТР автомобилей «ГАЗ», дополнительные виды деятельности - торговля запасными частями. Производственная зона оснащена универсальными постами ТО и ТР, а также постом диагностики, уборочно-моечных работ, шиномонтажа. Производственный персонал состоит из 12 человек: 8 слесарей, 2 мастера-приемщика и 2 мастера смены. Данное предприятие

по оснащению производственной зоны, персоналу, организации труда и пр. является типовым для отрасли сервисных услуг.

По результатам анализа заказ-нарядов за 2021 год зафиксировано 4380 заездов автомобилей, из которых 2325 заездов на ТО (53%) и 2055 - ТР (47%), поэтому для исследования выбрано комплексное обслуживание (ТО) и наиболее часто встречающаяся операция ТР - замена ступичного подшипника.

Эффективность работы производственного персонала оценивалась при помощи диаграммы «спагетти» [11]. При использовании этого метода на плане рабочего места (универсального поста) отмечаются все перемещение исполнителя, а также количество сделанных шагов или время, потраченное на перемещение и выполнение операции.

Для анализа правильности и полноты выполнения ТО и ТР работа исполнителя фиксировалась на видеозапись, для последующего сравнения с технологией завода-изготовителя. Для того, чтобы не отвлекать исполнителя от работы, съемка велась при помощи камер на штативах, план поста и расположение камер представлено на рисунке 1.

При проведении исследования анализировалось ТО на автомобилях ГАЗель «NEXT» с пробегом 20 тысяч километров (ТО-1). Операции ремонта по замене ступичного подшипника на автомобилях ГАЗель «NEXT» с пробегом 82 тысячи километров и 106 тысяч километров.

Всего осуществлено 4 видеозаписи (2 для ТО и 2 для ТР), автомобили имели одинаковую комплектацию и полностью идентичный перечень работ. Исполнители: штатные слесари по ремонту автомобилей, в возрасте 32 года и 38 лет, оба имеют непрерывный стаж работы не менее 8 лет, оборудование, оснастка и инструмент на рабочих местах были идентичны. Каждый исполнитель перед проведением эксперимента был информирован о видеофиксации, примеры кадров представлены на рисунке 2.

Во время проведения эксперимента производились пометки в распечатанной технологической карте завода-изготовителя, для фиксации действий, которые могли не попасть на камеру или были бы неразборчивы. Ошибки исполнителей разделялись на 3 группы, для комплексной оценки за ошибки начислялись штрафные баллы:

- Исполнитель не успел выполнить операцию (1 балл);
- Исполнитель выполнил операцию не в полном объеме (3 балла);

- Исполнитель полностью не выполнил операцию или выполнил с нарушением технологии (5 баллов).

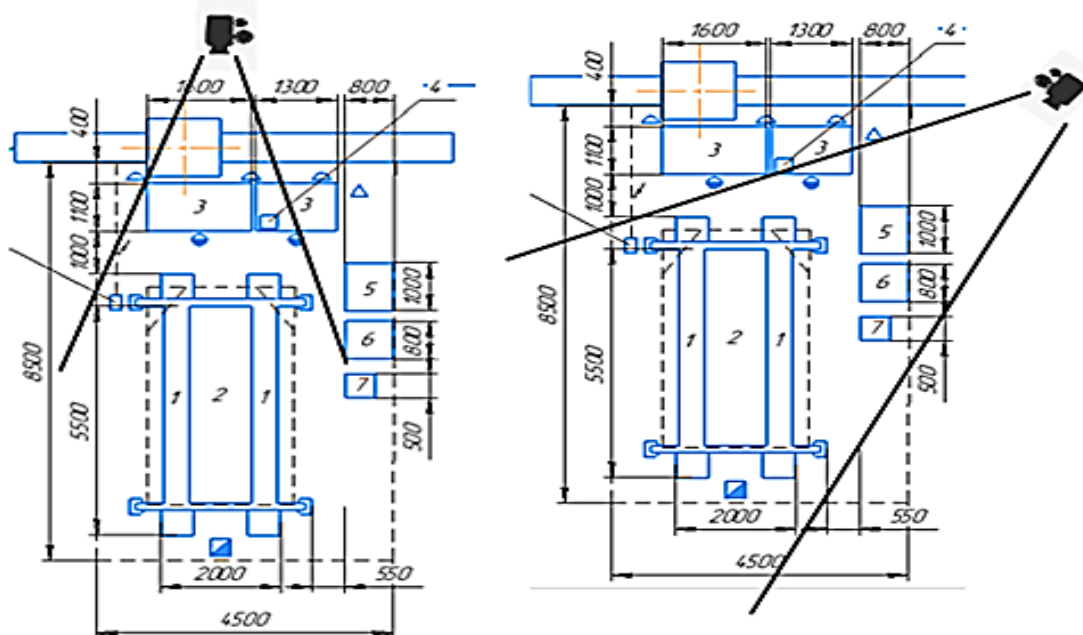


Рисунок 1 – Ракурсы съемки операций ТО и ТР автомобиля "ГАЗ"



Рисунок 2 – Примеры кадров из видеозаписей

Безусловно все операции ТО и ТР очень важны, собственно, они являются минимально необходимыми для поддержания или восстановления работоспособного состояния автомобиля, однако, операции отличаются трудоемкостью и влиянием на безопасность эксплуатации. Для простоты, принято решение учесть при начислении штрафных баллов только трудоемкость:

$$\text{ШБ} = K \cdot t_{\text{уд}}, \quad (1)$$

где ШБ – суммарные штрафные баллы, присвоенные исполнителю за операцию;

K – коэффициент допущенной ошибки (1,3,5);

$t_{\text{уд}}$  – время, отведенное на операцию по заводской технологии.

Для оценки работы предложена шкала (таблица 1), она составлена таким образом, что пропуск любой операции приводит к оценке "неудовлетворительно", т.к. это считается некачественным оказанием услуги и является нарушением 4 и 10 ст. Закона РФ "О защите прав потребителей" [12].

Таблица 1 – Оценка работы исполнителя с помощью штрафных баллов

«5»	«4»	«3»	«2»
0-0,1	0,11-1,0	1,1-2,0	2,0-16,7

Получить "отлично" можно только при условии, что все операции, которые входят в состав ТО будут выполнены. При этом допускается незначительно превысить трудоемкость, установленную заводской технологией. Исполнитель получит "хорошо", если превысит заводскую трудоемкость более, чем на 15 минут, "удовлетворительно" – при частичном пропуске 1 или 2х операций (в основном осмотровые работы).

В результате анализа видеозаписей (рисунок 3) видно, что 35–39% операций выполнены с нарушением технологии, слесари пропустили операций в среднем на 0,63 нормо-часа, что составляет около 20% общей трудоемкости ТО. Количество штрафных баллов первого исполнителя – 2,11, второго – 2,91, что соответствует оценке "неудовлетворительно".

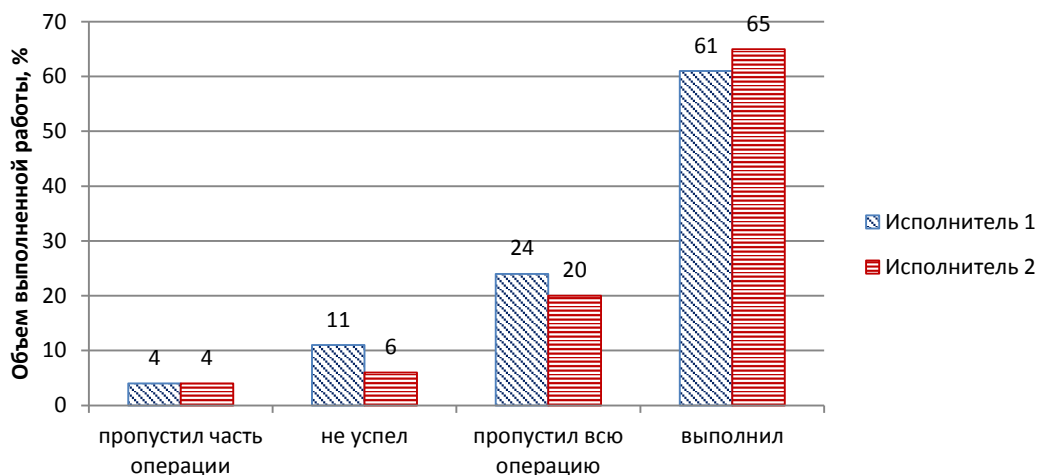


Рисунок 3 – Результаты анализа работы исполнителей

Исполнителями были пропущены операции, отвечающие за активную безопасность, пожаробезопасность, а также операции, в следствии невыполнения которых, может наступить дорогостоящий ремонт.

По результатам анализа диаграммы «Спагетти» удалось установить, что чаще всего слесари подходили к верстаку и инструментальному ящику, что свидетельствует о не эффективном использовании инструментальной тележки и нерациональному размещению инструмента. Несколько раз они отлучались с рабочего места: первый исполнитель посещал склад 4 раза, второй – 2. Во время проведения ТО у первого исполнителя не было необходимого инструмента, на поиски потрачено 9 минут, а второй отлучался в комнату отдыха на 6 минут. Отмечено, что оба механика не всегда поднимают автомобиль на достаточную высоту, для комфортной работы под ним.

Для повышения производительности труда возможно использование принципов бережливого производства, системы 5"S" [13–14]. Необходимо дооснастить посты инструментом и рационально его разместить в легко доступном месте, например, часто используемый – в инструментальной тележке, редко используемый –

на стеновых щитах. Для предотвращения пропуска операций предлагается выдать исполнителям чек-листы и на посту ТО использовать схему передвижения (рисунок 4). Схему легко нанести на напольное покрытие краской или при помощи наклеек.

Целесообразно оснастить посты камерами видеонаблюдения и периодически осуществлять выборочный контроль работ, который лучше возложить на независимого эксперта. Для снижения потерь времени необходимо докупить инструмент в достаточном количестве, а также пересмотреть взаимодействие со складом, т.к. получение материалов для ТО отнимает много времени. Для мотивации персонала необходимо пересмотреть систему премий и штрафов с учетом результатов работы.

Таким образом, исследование выявило серьезные нарушения при проведении работ ТО автомобилей "ГАЗ": частичное или полное не выполнение 35–39% операций. Нарушения отчасти связаны с неэффективной организацией труда и малой трудоемкостью работ заводской технологии. Решить проблему можно за счет дооснащения рабочих мест инструментом, усовершенствованием работы склада, ужесточением контроля над исполнителями.

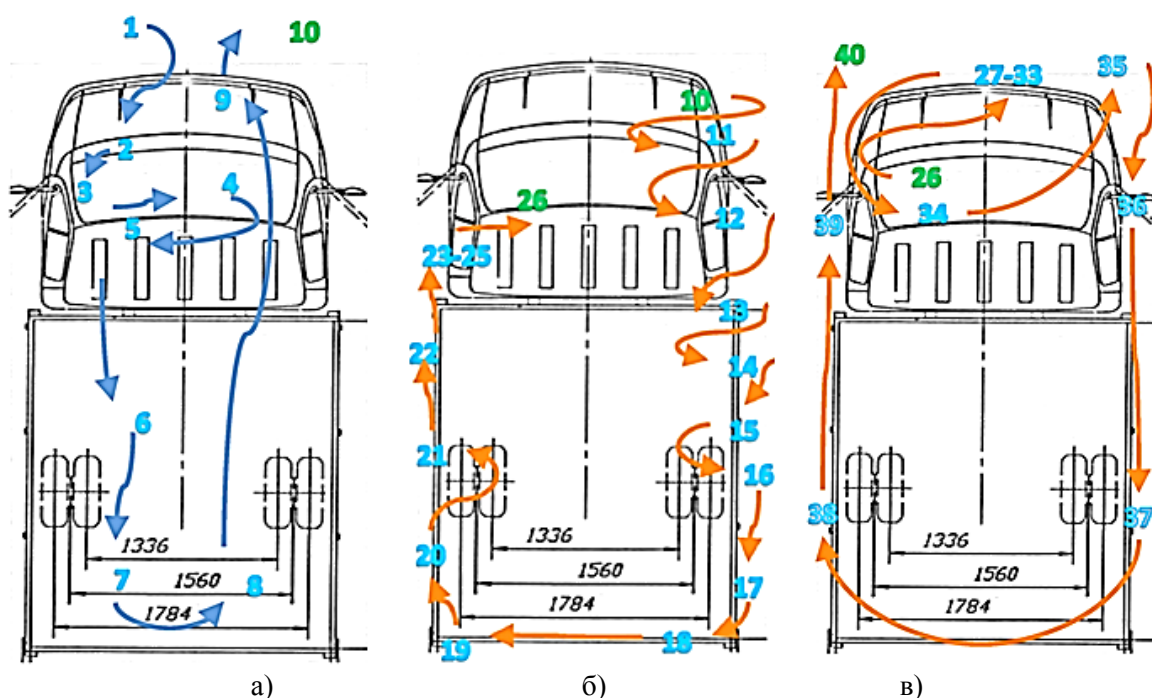


Рисунок 4 – Схема передвижения исполнителя: а) – операции "снизу", б) – операции "сверху", в) – операции "из салона"

### Литература

1. Основные итоги работы транспорта [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. - Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1>
2. Автомобильный парк: на чем ездят россияне? [Электронный ресурс] / Аналитическое агентство Автостат: официальный сайт. - Режим доступа: <https://www.autostat.ru/press-releases/47703/>
3. Чепикова Т. П. Анализ аварийности и повышение безопасности дорожного движения / Т. П. Чепикова, Р. Ф. Шаихов, А. А. Поварницин // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 1(40). - С. 67-71.
4. Шибаяев Е. В. Диагностирование форсунок по величине тока электромагнитного клапана во время впрыска / Е. В. Шибаяев, Р. Ф. Шаихов // Проблемы функционирования систем транспорта : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 07–09 декабря 2021 года / Отв. редактор П.В. Евтин. - Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. - С. 178-182.
5. Мальцев Д.В. Удовлетворённость обучающихся качеством образовательных услуг технического университета / Д.В. Мальцев, Д.С. Репецкий // Высшее образование в России. -2020. №5 с. 45-52
6. Основы конструкции автомобилей: Шасси. Трансмиссия / В. В. Лянденбургский, Р. Ф. Шаихов, В.

- М. Пономарев, Г. И. Шаронов. - Пенза: Изд-во ПГУАС : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014. - 228 с. - ISBN 978-5-9282-1101-1.
7. Шаихов Р. Ф. Контроль производственного персонала на автотранспортном предприятии / Р. Ф. Шаихов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. - 2019. - № 3. - С. 89-95. - DOI 10.15593/24111678/2019.03.11.
8. Завьялов С. И. Повышение эффективности обучения производственного персонала предприятий автомобильного сервиса / С. И. Завьялов, Д. В. Мальцев, С. А. Пестриков // Химия. Экология. Урбанистика. - 2020. - Т. 2020-3. - С. 78-82.
9. Мальцев Д.В. Влияние качества образовательных услуг технического университета на трудоустройство выпускников / Д.В. Мальцев // Перспективы науки и образования. - 2020. - №6(48). - с. 459-473.
10. Гулин В. М. Диаграмма "спагетти" при организации профессиональной деятельности / В. М. Гулин, А. А. Щербакова // Академическая публицистика. - 2022. - № 4-1. - С. 41-44.
11. Закон Российской Федерации от 07.02.1992 № 2300-1(в ред. ФЗ от 24.04.2020) "О защите прав потребителей": [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [Консультант плюс]. - Загл. с экрана.
12. Голавский В. С. Применение технологий бережливого производства при ремонте тягового подвижного состава / В. С. Голавский // Инновационная экономика и общество. - 2013. - № 2(2). - С. 31-34.



# МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 629.063.6: 621.65

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СНАБЖЕНИЯ МАЗУТОМ

Н.Л. Великанов<sup>1</sup>, В.А. Наумов<sup>2</sup>

*Калининградский государственный технический университет (КГТУ),  
Россия, 236000, г. Калининград, Советский пр., 1.*

Представлен алгоритм расчета наиболее рациональных диаметра труб, частоты вращения вала шестеренного насоса при перекачке мазута в зависимости от гидравлических характеристик сети, стоимостных параметров труб и электроэнергии.

*Ключевые слова:* шестеренный насос, мазутное хозяйство, капитальные затраты, энергоемкость.

### ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OF CHOICE PARAMETERS OF PIPELINE FUEL OIL SUPPLY SYSTEMS

N. L. Velikanov, V. A. Naumov

*Kaliningrad State Technical University (KSTU), 236000, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1*

An algorithm is presented for calculating the most rational pipe diameter, speed of rotation of the gear pump shaft when pumping fuel oil, depending on the hydraulic characteristics of the network, cost parameters of pipes and electricity.

*Keywords:* gear pump, fuel oil, capital costs, energy intensity.

#### Введение

В исследовании [1] представлен углубленный анализ структуры затрат при планировании мер по повышению энергоэффективности в жилом секторе. Высотные здания, которые в основном работают на природном газе и легком дистиллятном мазуте, демонстрируют высокую рентабельность за счет модернизации. Рассматривая результаты финансовой оценки, наиболее значительные выгоды в основном связаны со сценарием модернизации, который учитывает улучшение изоляции внешних стен, остекление окон и повышение эффективности работы системы отопления.

В работе [2] исследуется производительность системы воздушного теплового насоса с регулируемой скоростью на основе компрессора, являющейся альтернативой нефтяным и газовым котлам. Оценка проводилась с учетом

влияния режима работы системы управления и температуры теплоснабжения.

Прием, хранение, подготовка и подача необходимого количества мазута для его сжигания в топках котлов, является одной из энергоемких технологических подсистем тепловых электростанций и котельных [3]. Проектирование новых технологических трубопроводов и модернизация существующих трубопроводных систем для транспортировки мазута предполагает проведение гидравлических расчетов. Общепринятым является гидравлический расчет трубопроводов, основанный на уравнении непрерывности потока и уравнении Бернулли для реальной вязкой жидкости, в котором учитываются потери давления из-за трения и преодоления местных сопротивлений трубопровода. При таком подходе гидравлический расчет является

<sup>1</sup>Великанов Николай Леонидович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, КГТУ, тел. 8 (4012) 99 53 37; e-mail: monolit8@yandex.ru;

<sup>2</sup>Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, КГТУ, тел. 8 (4012) 99 53 37; e-mail: vladimir.naumov@klgtu.ru.

многовариантной задачей, поскольку существует бесконечное количество комбинаций параметров диаметр трубопровода – перепад давления, которые не равны как с экономической, так и с технической точек зрения. Исследование литературных источников показало целесообразность проведения гидравлического расчета трубопроводно-проводных линий по технико-экономическим показателям [3]. В качестве критерия оптимизации технологических трубопроводов предложены общие годовые затраты на создание и эксплуатацию трубопровода, которые представляют собой линейную суперпозицию капитальных и эксплуатационных затрат. Предложены расчетные соотношения для определения оптимального диаметра трубопровода из условия минимальных совокупных годовых затрат на его создание и эксплуатацию с учетом текущих цен и тарифов на трубопровод и электроэнергию, трассировки трубопровода, условий его эксплуатации, а также свойств транспортируемой среды. На примере гидравлической установки для перекачки мазута были проведены вычислительные эксперименты для оценки влияния диаметра трубопровода на его технико-экономические показатели и определения оптимальных параметров мазутопровода.

Масляное отопление по-прежнему используется в районах, не охваченных метановой сетью. Отопление на мазуте становится все более дорогостоящим, требует частых операций по заправке резервуаров [4].

Улучшение развития цепочки поставок ископаемого топлива является эффективным способом снижения затрат и выбросов углекислого газа. В статье [5] анализируется развитие инфраструктуры системы доставки нефтепродуктов. Предложена математическая модель транспортировки и хранения.

Вспомогательные котлы на борту теплоходов являются предметом постоянных исследований. Пар вырабатывается для нагрева топлива и работы турбин. Проведен анализ судового котла, работающего на мазуте [6]. Напорная струйная горелка имеет КПД 70-80%. Были рассчитаны и определены потери эксергии в камере сгорания.

Нефтяные компании производят различные продукты на нефтеперерабатывающих заводах и часто транспортируют их по трубопроводам. Трубопроводы позволяют перемещать огромное количество нефтепродуктов [7]. Планы доставки определяют последовательность операций перекачки. В работе [7] представлена система моделирования дискретных

событий, которая помогает проверять расписание в сложных разветвленных трубопроводных сетях.

Одним из видов объемных насосов является шестеренный насос, предназначенный для перекачки нефти и нефтепродуктов, обладающих смазывающей способностью, без механических примесей и не вызывающих коррозии рабочих органов насоса, а также для перекачки легковесных жидкостей и дизельного топлива. Авторами работы [8] представлена модернизированная конструкция шестеренного насоса.

В статье [9] представлена физико-математическая модель аварийных ситуаций на предприятии по перевалке мазута в городе Мурманске. Описано технологическое оборудование и результаты расчетов рисков при транспортировке, перекачке и хранении топлива в случае полной и частичной разгерметизации резервуаров. Показаны риски в наиболее сложных чрезвычайных ситуациях, возможный радиус ущерба.

В статье [10] сообщается о новой гибридной системе отопления. Система состояла из тепловых насосов из подземных источников для основного отопления и существующего подогревателя мазута для пикового нагрева. Эффективность системы, включая экономию мазута и энергии, была оценена на основе измерений в течение отопительного периода с ноября 2014 года по май 2015 года. Результаты показывают, что по сравнению с использованием только существующего мазутного нагревателя для обогрева теплицы, система может сэкономить 74,4% мазута и 22,8% энергии. В целях дальнейшего повышения производительности были улучшены управление системой подачи горячего воздуха в помещении и местная теплоизоляция теплицы. Оценка эффективности, основанная на измерениях с ноября 2015 года по май 2016 года, показывает, что улучшенная система может сэкономить 88,0% мазута и 35,9% энергии.

#### **Материалы и методы**

Большое количество трудов посвящено совершенствованию мазутного хозяйства, в частности – перекачиванию мазут [11,12]. Мазут обладает большой вязкостью, сильно зависящей от температуры. Так при 43°C кинематическая вязкость мазута марки М100 составляет 2000 сСт, а при 80°C она падает почти до 150 сСт. Мазут марки М100 при температурах выше 31°C имеет свойства ньютоновской жидкости.

При невысоких температурах для перекачивания мазута используют объемные насосы. Шестеренные насосы (ШН) наиболее распространены для подачи и перекачки мазута. ШН

могут работать в оба направления; для предотвращения избыточного давления, насосы могут комплектоваться предохранительными клапанами; для предотвращения застывания продукта, насос может быть укомплектован нагревательными элементами.

В таблице 1 приведены характеристики ШН производства АО «Корвет»<sup>3</sup>. ШН предназначены для перекачивания нефтепродуктов,

кинематическая вязкость которых находится в диапазоне от 18 до 3500 мм<sup>2</sup>/с (сСт).

Рекомендуется уменьшать ЧВР ШН с увеличением вязкости мазута в соответствии с таблицей 2.

Таблица 1 – Характеристики ШН производства АО «Корвет»

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /час	Вязкость, сСт	Частота, об/мин	Мощность, кВт (при перепаде давления, кПа)					
				200	300	400	600	1000	1500
НШ-4	4	110	1500	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4
НШ-5	5	110	1500	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5
НШ-10	10	220	1000	3	3	4	5,5	7,5	11
НШ-20	20	220	1000	4	5,5	7,5	11	22	30
НШ-40	40	220	1000	7,5	11	15	22	30	45

Таблица 2 – Частота вращения (ЧВР) ШН с увеличением вязкости мазута

Вязкость мазута, сСт	110	220	1100	2200	11000	22000
ЧВР, об/мин	1500	1000	800	500	300	200

Важную роль в совершенствовании мазутного хозяйства имеют экономические показатели [13]. Именно на таких показателях основан выбор оптимального внутреннего диаметра трубопровода  $D$ : его увеличение приводит к снижению энергоемкости при эксплуатации, но увеличению материалоемкости при строительстве. Задача успешно решается для перекачивания маловязких жидкостей в турбулентном режиме (см., например, [14-16] и библиография в них).

Впервые задача определения оптимального диаметра трубопровода при ламинарном течении жидкости была решена в [17] без учета потерь в местных гидравлических сопротивлениях. В [18] динамическая вязкость раствора 0,25 Па·с (ошибочно указана единица измерения м<sup>2</sup>/с), гидравлические потери в местных сопротивлениях учитываются простым умножением на коэффициент 1,1 потерь по длине трубопровода, т.е. просто добавляется 10%. В результате получается, что необходимая мощность насоса для ламинарного потока зависит от диаметра трубопровода как  $1/D^4$ .

В [19] была предпринята попытка строго учесть потери энергии в местных гидравлических сопротивлениях при ламинарном течении с помощью известной формулы  $\Delta p_M = 0,5 \cdot \zeta_M \cdot \rho W^2/g$ , где  $\rho$  – плотность жидкости,  $g$  – ускорение свободного падения,  $W$  – скорость

жидкости. Однако коэффициенты местных потерь  $\zeta_M$  взяты постоянные, не зависящие от числа Рейнольдса, как при турбулентном режиме течения.

Затраты на изготовление и эксплуатацию трубопровода можно представить следующим образом [14-16, 18, 19]:

$$C = C_B + C_E = (C_{BO} + C_B D \cdot L) + (C_{EO} + C_E A_E), \quad (1)$$

где  $C_B$  – капитальные затраты, приведенные к одному году;

$C_E$  – годовые эксплуатационные затраты;

$C_{BO}, C_{EO}$  – затраты, не зависящие от диаметра, капитальные и эксплуатационные, соответственно;

$C_E$  – тариф на электроэнергию;

$C_B$  – эмпирический коэффициент, определяемый по прайс-листам (руб./м<sup>2</sup>);

$L$  – длина трубопровода;

$A_E$  – работа, затраченная электродвигателем насоса за время  $T$ .

$$A_E = N_E \cdot T = N \cdot T / \eta_E. \quad (2)$$

где  $\eta_E$  – КПД электродвигателя;

$N$  – затраченная мощность ШН.

Заметим, что линейная зависимость стоимости от внутреннего диаметра характерна для стальных труб. Для отыскания значения  $D$ , при котором  $C$  достигает минимума, приравнивают

<sup>3</sup> АО «Корвет». Шестеренные насосы для нефтепродуктов [Электронный ресурс]. URL: <https://oilpump.ru/catalog/shesterenchatye-nasosy/shesterenchatye-nasosy-nsh/> (дата обращения 28.01.2022).

nasosy/shesterenchatye-nasosy-nsh/ (дата обращения 28.01.2022).

к нулю производную целевой функции по диаметру:

$$Pr(D) \equiv dC/dD = c_B \cdot L + c_E (T/\eta_E) \cdot dN/dD. \quad (3)$$

По (3) необходимо найти зависимость затраченной мощности ШН от внутреннего диаметра трубопровода  $D$ . Полагаем, что вязкость жидкости велика, и реализуется ламинарный режим течения.

### Результаты исследования

В [20] для аппроксимации зависимостей подачи  $Q$  и мощности  $N$  ШН от перепада давления используются формулы:

$$Q = Q_0 - \alpha \cdot \Delta p, \quad (4)$$

$$N = N_0 + \beta \cdot \Delta p, \quad (5)$$

где  $Q_0, N_0$  – подача и затраченная мощность при  $\Delta p = 0$ , соответственно.

Анализ результатов испытаний агрегатов Ливгидромаш<sup>4</sup> показал, что зависимость от частоты вращения (ЧВ)  $n$  у ШН, как у одновинтовых насосов, может быть представлена в следующем виде:

$$Q = V_1 \cdot (n - a_1 \cdot \Delta p), \quad (6)$$

$$N = (A_1 + a_2 \cdot \Delta p) \cdot n, \quad (7)$$

где  $V_1, A_1$  – объем жидкости и механическая работа ШН за один оборот при  $\Delta p = 0$ .

В качестве примера рассмотрим агрегат Ливгидромаш Ш40-4. Экспериментальные значения показаны точками на рис. 1 при вязкости мазута 1800 сСт, ЧВ  $n = 980$  об/мин ( $16,3 \text{ c}^{-1}$ ).

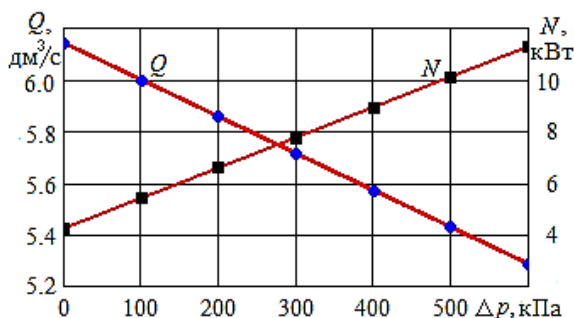


Рисунок 1 – Рабочие характеристики агрегата Ливгидромаш Ш40-4: точки – экспериментальные данные; линии – результаты расчета по формулам (6), (7)

Характеристики по формулам (6), (7) были пересчитаны на разные значения ЧВ и перепада давления (рис. 2-4).

Методом наименьших квадратов были найдены значения размерных коэффициентов в формулах (6), (7):  $V_1 = 0,3761 \text{ дм}^3$ ;  $a_1 = 3,704 \cdot 10^{-3} \text{ (кПа} \cdot \text{с)}^{-1}$ ;  $A_1 = 0,259 \text{ кДж}$ ;  $a_2 = 7,195 \cdot 10^{-4} \text{ кДж/кПа}$ .

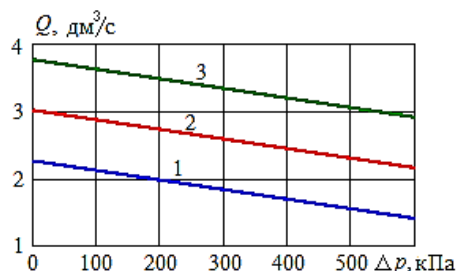


Рисунок 2 – Связь между перепадом давления и подачей насоса Ш40-4 при различных значениях ЧВ: 1 –  $n = 6 \text{ c}^{-1}$ , 2 –  $n = 8 \text{ c}^{-1}$ , 3 –  $n = 10 \text{ c}^{-1}$

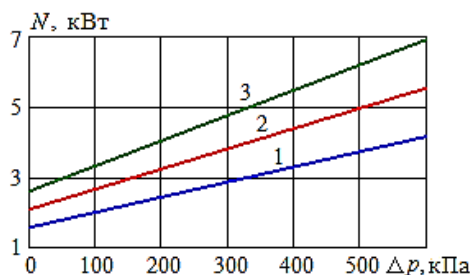


Рисунок 3 – Связь между перепадом давления и затраченной мощностью насоса Ш40-4 при различных значениях ЧВ: 1 –  $n = 6 \text{ c}^{-1}$ , 2 –  $n = 8 \text{ c}^{-1}$ , 3 –  $n = 10 \text{ c}^{-1}$

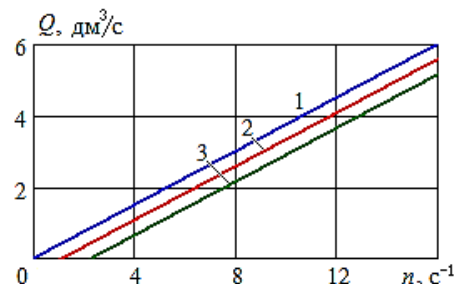


Рисунок 4 – Зависимость подачи насоса Ш40-4 от ЧВ при различных значениях перепада давления: 1 –  $\Delta p = 0$ , 2 –  $\Delta p = 300 \text{ кПа}$ , 3 –  $\Delta p = 600 \text{ кПа}$

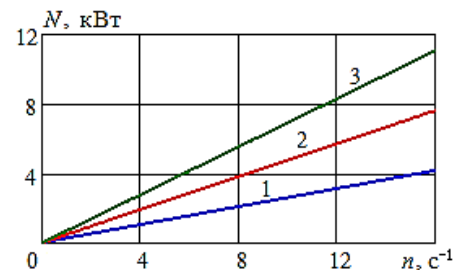


Рисунок 5 – Зависимость затраченной мощности насоса Ш40-4 от ЧВ при различных значениях перепада давления: 1 –  $\Delta p = 0$ , 2 –  $\Delta p = 300 \text{ кПа}$ , 3 –  $\Delta p = 600 \text{ кПа}$

<sup>4</sup> АО «ГМС Ливгидромаш». Шестеренные насосы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.hms->

[livgidromash.ru/documentation/rukovodstva/](http://livgidromash.ru/documentation/rukovodstva/) (дата обращения 28.01.2022).



При большой вязкости жидкости характеристику трубопровода (зависимость гидравлических потерь давления от расхода) можно записать в виде

$$p_T = p_C + (\gamma_0/D^3 + \gamma_1/D^4) \cdot Q, \quad (8)$$

где  $p_C$  – статическое давление, обусловленное разностью уровней и давлений в исходном (И) и конечном (К) технологическом резервуаре:

$$p_C = p_K - p_{II} + (H_K - H_{II})/\rho g. \quad (9)$$

Размерные коэффициенты в формуле (8) определяются гидравлическим сопротивлением трубопровода:

$$\gamma_0 = 2\rho v \Sigma \Lambda_i / \pi, \quad \gamma_1 = 128\rho v L / \pi, \quad (10)$$

где  $v$  – коэффициент кинематической вязкости;

$L$  – длина трубопровода;

$\Sigma \Lambda_i$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений, следует из зависимости

$$\zeta_{Mi} = \Lambda_i / Re.$$

Для заданного трубопровода при неизменных свойствах жидкости коэффициенты  $\gamma_0$  и  $\gamma_1$  остаются постоянными.

На рис. 6 показан примерный вид характеристик трубопровода при двух значениях диаметра: 1 – при  $D_1$ , 2 – при  $D_2$ , причем  $D_1 > D_2$ .

Пусть диаметр равен  $D_1$ . Прямая линия 3 – напорная характеристика ШН при такой ЧВ  $n_1$ , что в рабочей точке насосной установки (А) подача равна заданной величине  $Q_P$ . Если уменьшить диаметр до значения  $D_2$ , то рабочей точкой станет (В), так как возрастут гидравлические потери. При этом уменьшится расход жидкости. Чтобы расход был равен  $Q_P$ , напорная характеристика ШН (линия 4) должна проходить через точку (С). Характеристике 4 будет соответствовать другая ЧВ  $n_2 > n_1$ .

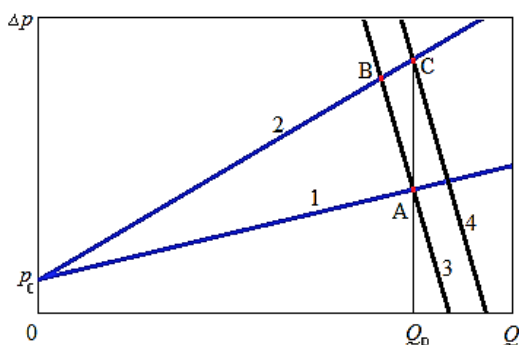


Рисунок 6 – Смещение рабочей точки при изменении диаметра трубопровода

Эти графические построения запишем в виде алгебраических уравнений и формул. В рабочей точке  $p_T = \Delta p$ . Из (6) выразим ЧВ:

$$n = Q_P / V_1 + a_1 \cdot \Delta p = n_P + a_1 \cdot (p_C + (\gamma_0/D^3 + \dots + \gamma_1/D^4) \cdot Q_P). \quad (11)$$

Подставим (11) в (7) и выразим затраченную мощность ШН:

$$N = [A_1 + a_2(p_C + (\gamma_0/D^3 + \gamma_1/D^4) \cdot Q_P)] \cdot [n_P + a_1 \cdot (p_C + (\gamma_0/D^3 + \gamma_1/D^4) \cdot Q_P)]. \quad (12)$$

Раскроем скобки в (12) и приведем подобные члены по степеням  $D$ :

$$N = B_0 + B_1 D^{-3} + B_2 D^{-4} + B_3 D^{-6} + B_4 D^{-7} + B_5 D^{-8}, \quad (13)$$

$$B_0 = (A_1 + a_2 p_C) \cdot (n_P + a_1 p_C), \quad B_1 = \gamma_0 Q_P \cdot [(A_1 + \dots$$

$$\dots + a_2 p_C) \cdot a_1 + (n_P + a_1 p_C) \cdot a_2],$$

$$B_2 = \gamma_1 Q_P \cdot [(A_1 + a_2 p_C) \cdot a_1 + (n_P + a_1 p_C) \cdot a_2],$$

$$B_3 = a_1 a_2 \cdot (\gamma_0 Q_P)^2,$$

$$B_4 = 2 a_1 a_2 \cdot \gamma_1 \gamma_0 (Q_P)^2, \quad B_5 = a_1 a_2 \cdot (\gamma_1 Q_P)^2.$$

Найдем производную, подставив (13) в (3):

$$Pr(D) = c_B L - c_E (T/\eta_E) \cdot (3B_1 D^{-4} + 4B_2 D^{-5} + \dots + 6B_3 D^{-7} + 7B_4 D^{-8} + 8B_5 D^{-9}). \quad (14)$$

Приравняв (14) к нулю, после преобразований получим:

$$c_B \eta_E L / (c_E T) \cdot D^9 - (3B_1 D^5 + 4B_2 D^4 + 6B_3 D^2 + \dots + 7B_4 D + 8B_5) = 0. \quad (15)$$

Разделим обе части (15) на  $B_5$ :

$$L \cdot c_B \eta_E / (c_E T B_5) \cdot D^9 - (3 D^5 B_1 / B_5 + 4 D^4 B_2 / B_5 + \dots + 6 D^2 B_3 / B_5 + 7 D B_4 / B_5 + 8) = 0. \quad (16)$$

Заметим, что отношение  $B_5/B_4$  имеет размерность длины. Примем его в качестве характерного размера задачи:

$$D_0 = B_5/B_4 = \gamma_1/\gamma_0 = 64L/\Sigma \Lambda_i. \quad (17)$$

Введем безразмерный диаметр трубопровода  $d = D/D_0$ . Подставив  $D = D_0 d$  в (16), после преобразований получим уравнение:

$$\Phi \cdot D^{10} - (\Theta d^5 + 4/3 \Theta d^4 + 6d^2 + 14d + 8) = 0, \quad (18)$$

где обозначены безразмерные комплексы:

$$\Theta = 3D_0^5 B_1/B_5 = 3D_0^4 \cdot (A_1/a_2 + n_P/a_1 + 2p_C)/(\gamma_1 Q_P). \quad (19)$$

$$\Phi = c_B \eta_E L D_0^9 / (a_1 a_2 c_E T (\gamma_1 Q_P)^2). \quad (20)$$

### Практическое применение

Технологии работы с мазутом постоянно совершенствуются [21]. Наиболее эффективным является его перемещение по трубопроводам. Решение алгебраического уравнения (18) дает безразмерную величину оптимального диаметра трубопровода, по которому рассчитывается размерная величина  $D = D_0 d$  и соответствующая ЧВ ШН по формуле (11).

В качестве примера выполним расчет трубопровода с насосом Ш40-4 при следующих параметрах: длина  $L = 50$  м, сумма коэффициентов местных сопротивлений  $\Sigma \Lambda_i = 3290$ , статическое давление  $p_C = 100$  кПа, подача жидкости  $Q_P = 5,8$  дм<sup>3</sup>/с =  $5,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Теперь можем рассчитать коэффициенты по формуле (10):  $\gamma_0 = 3,717$  кПа·с,  $\gamma_1 = 3,616$  кПа·с·м,  $D_0 = \gamma_1/\gamma_0 = 0,973$  м.

Безразмерный комплекс, рассчитанный по формуле (19),  $\Theta = 5,921 \cdot 10^5$ . Значение второго безразмерного комплекса сильно зависит от заданного периода окупаемости и от тарифов. Сначала остановимся на стоимости рекомендуемых для перекачивания нефтепродуктов стальных бесшовных горячедеформируемых труб (ГОСТ 8732-78). Прайс-листы приводятся на Интернет-ресурсах многих компаний. В качестве примера воспользуемся прайс-листом компании «Профильмет»<sup>5</sup> на февраль 2022 года (данные показаны точками на рис. 7).

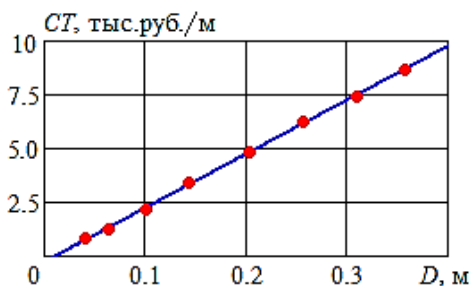


Рисунок 7 – Зависимость стоимости стальных труб от внутреннего диаметра: точки – данные прайс-листа компании «Профильмет»; прямая – линейный тренд

Можно представить  $CT(D) = C_0 D + C_1$ .

Тогда производная

$$CT'(D) = 25,09 \text{ тыс. руб./м}^2 = C_0 = \text{const.} \quad (21)$$

$$C_B = K \cdot CT'(D) = C_0 K, \quad (22)$$

где  $K$  – коэффициент приведения капитальных затрат к одному году.

В формуле (20) необходимо задать величину  $c_E$ . Тарифы на электроэнергию заметно меняются по регионам. В качестве примера воспользуемся тарифами компании<sup>6</sup> для малых предприятий. Вначале возьмем наименьшее значение на январь 2022 года (Иркутскэнергосбыт)  $c_E = 3,6067$  руб./кВт·час. При  $K = 0,1$  (срок окупаемости – 10 лет) по формуле (20) получим

Таблица 4 – Влияние длины трубопровода на оптимальный диаметр

$L$ , м	$\Theta$	$\Phi$	$D_0$ , м	$d$	$D$ , м
25	$7,402 \cdot 10^4$	$8,757 \cdot 10^6$	0,486	0,431	0,210
50	$5,921 \cdot 10^5$	$2,242 \cdot 10^9$	0,973	0,210	0,204
100	$4,737 \cdot 10^6$	$5,379 \cdot 10^{11}$	1,945	0,104	0,202

### Заключение

Представленный алгоритм позволяет рассчитать оптимальные диаметр труб и частоту шестеренного насоса при перекачке мазута с

<sup>5</sup> Компания «Профильмет». Стальные трубы [Электронный ресурс]. – URL: [http://price.profilmet.ru/prices/profilmet\\_truby.htm](http://price.profilmet.ru/prices/profilmet_truby.htm) (дата обращения 18.02.2022).

$$\Phi \approx 2,242 \cdot 10^9.$$

Решение уравнения (18) численным методом при указанных значениях безразмерных комплексов дает  $d = 0,210$ . Откуда оптимальный диаметр  $D = 204$  мм. Из номенклатуры труб, выпускаемых российской промышленностью по ГОСТ 8732-78, выбираем 219-7 (внешний диаметр и толщина стенки в мм). Уточненный внутренний диаметр  $D_y = 0,205$  м. Перепад давления в рабочей точке насосной установки (С) по формуле (8)  $\Delta p = p_T = 114,5$  кПа. Рассчитаем по (11) ЧВ  $n = 15,85 \text{ с}^{-1} \approx 951$  об/мин, которую необходимо установить на ШН, чтобы подача была равна требуемой.

С увеличением тарифов на электроэнергию будет возрастать и величина оптимального диаметра. Если взять наибольшее значение из упомянутого источника [20] (РКС-энерго, Ленинградская область)  $c_E = 9,3654$  руб./кВт·час., то получим  $D = 0,249$  м. При этом характерный размер  $D_0$  не изменился, так как он зависит только от параметров трубопровода.

Если уменьшить срок окупаемости (увеличить  $K$ ), то оптимальный диаметр уменьшится, как показано в табл. 3.

Таблица 3 – Влияние срока окупаемости на оптимальный диаметр

$K$	$\Phi$	$d$	$D$ , м	ГОСТ 8732-78	$D_y$ , м
0,055	$1,233 \cdot 10^9$	0,238	0,231	245-7	0,231
0,10	$2,242 \cdot 10^9$	0,210	0,204	219-7	0,205
0,15	$3,363 \cdot 10^9$	0,193	0,188	203-7	0,189

В табл. 4 показано влияние изменения длины трубопровода. Если увеличить  $L$ , то растет порядок обоих безразмерных комплексов, возрастает характерный размер  $D_0$ , заметно уменьшается  $d$ . При этом величина оптимального диаметра  $D$  несколько снижается.

учетом гидравлических характеристик сети, стоимостных параметров труб и тарифов на электроэнергию.

<sup>6</sup> Тарифы на электроэнергию для малых предприятий [Электронный ресурс]. URL: <https://time2save.ru/tarify-na-elektroenergiu-dla-malih-predpriyatij-i-ip> (дата обращения: 20.02.2022).

**Литература**

1. Kadrić D., Aganovic, Aganovic A., Martinović S., Delalić N., Delalić-Gurda B. Cost-related analysis of implementing energy-efficient retrofit measures in the residential building sector of a middle-income country – A case study of Bosnia and Herzegovina. - *Energy and Buildings*. 2022. V. 25715 (111765). DOI 10.1016/j.enbuild.2021.111765.
2. Abid M., Hewitt N., Huang M.-J., Wilson C., Cotter D. Domestic retrofit assessment of the heat pump system considering the impact of heat supply temperature and operating mode of control—a case study. - *Sustainability (Switzerland)*. 2021. V.13, I. 19 (857). DOI 10.3390/su131910857.
3. Popov N.N., Khvostov A.A., Kalach A.V., Ivanova N.A. Improving the efficiency of heat supply systems for infrastructure facilities by optimizing the pipeline sub-system according to technical and economic indicators. - *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Том 1902, Выпуск 114 (0120822020). DOI 10.1088/1742-6596/1902/1/012082.
4. Casasso A., Capodaglio P., Simonetto F., Sethi R. Environmental and economic benefits from the phase-out of residential oil heating: A study from the Aosta Valley region (Italy). - *Sustainability (Switzerland)*. 2019. V.11, I.132019(3633). DOI 10.3390/su11133633.
5. Zhu Z., Liao Q., Liang Y., Qiu R., Zhang Z., Zhang H. The era of renewables: Infrastructure disposal strategies under market decline of oil products. - *Energy*, 2022, v. 24915(123581), doi 10.1016/j.energy.2022.123581.
6. Pal J.S., Sapali S.N., Ramakrishna A.T., Shikalgar N.D., Shinde A. Exergy Criteria of Performance of Waste Heat Recovery Applied for Marine Auxiliary Boiler. – *International Journal of Heat and Technology*, 2022, V.40 (1), Pp. 297 – 303, doi 10.18280/ijht.400135.
7. Csontos B., Halász L., Heckl I. Event-driven simulation method for fuel transport in a mesh-like pipeline network. - *Computers and Chemical Engineering*, 2022, V. 157 (107611), doi 10.1016/j.compchemeng.2021.107611.
8. Sherov A.K., Myrzakhmet B., Sherov K.T., Absadykov B.N., Sikhimbayev M.R. Method for selecting the location of the clearance fields of the landing surfaces of gear pump parts with a biaxial connection. - *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 2022, V.1(451), Pp. 159 – 166, doi 10.32014/2022.2518-170X.153.
9. Minchenok E.E., Zhuravleva N.G., Pankratova M.E., Milyakova L.V., Trotsenko A.A. Physical and mathematical Model of Emergency Situations When Handling Fuel Oil at the Fuel Enterprise in Murmansk. - *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, V. 723, I.512(0520092021) April 2021 International Scientific and Practical Conference on Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Green Energy, Ecology and Earth Science, ESDCA 2021Smolensk25 January 2021, doi 10. 1088 / 1755-1315/723/5/052009.
10. Zhou M., Cai F., Uenishi M., Sekine Y. Performance evaluation of a hybrid heating system combined a groundwater source heat pump with an existing fuel oil heater for a horticultural greenhouse. - *International Journal of Green Energy*, 2021, doi 10.1080/15435075.2021.2000415.
11. Ganat T. Pumping system of heavy oil production. In: *Processing of Heavy Crude Oils – Challenges and Opportunities*. Ed. Gounder R.M. Knowledge Unlatched. 2019. DOI: 10.5772/intechopen.74912.
12. Udourioh G.A., Epelle E.I., Ashugasim O., Solomon M.M., Okafor P.C. A study on the composition of heavy organic precipitates at various locations of a petroleum production line: wellhead, separator, and flowline. *Petroleum Science and Technology*. 2021. DOI: 10.1080/10916466.2021.2003384.
13. Курганкина М.А., Вершинина К.Ю., Озерова И.П., Медведев В.В. К вопросу о переходе тепловых электрических станций с традиционных топлив на органоводоугольные топливные композиции // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2018. Т. 329. № 9. 72–82.
14. Genic S., Jacimovic B., Geni V. Economic optimization of pipe diameter for complete turbulence. *Energy and Buildings*. 2011. Vol. 45, pp. 335-338. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.10.054.
15. Berisha X., Krsniqi K., Krasniqi V. The optimization of pipes diameter depending on optimal criteria for velocity and mechanical energy losses for thermal network. *International Journal of Recent Advancement in Engineering & Research*. 2018. Vol. 4, Iss. 1, pp. 29-38. DOI: 10.24128/IJRAER.2018. IJ78gh.
16. Ihle C.F. Economic pipe diameter of settling slurries. *Journal of Cleaner Production*. 2020, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121475.
17. Sarchet B.R., Colburn A.P. Economic pipe size in the transportation of viscous and nonviscous fluids. *Industrial and Engineering Chemistry*. 1940. Vol. 32, pp. 1249–1252. DOI:10.1021/IE50369A043.
18. Голованчиков А.Б., Дулькин Т.А., Прохоренко Н.А., Меренцов Н.А. Оптимизация технологических параметров и диаметра трубопровода с учетом энерго- и ресурсосбережения // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2020. Том 26. № 1. С. 91-99. DOI: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.091-099.
19. Оптимизация параметров технологического трубопровода по технико-экономическим показателям / А.А. Хвостов, М.Г. Магомедов, А.А. Журавлев [и др.] // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020. Т. 82, № 1. С. 34–46. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-1-34-46.
20. Великанов Н.Л., Наумов В.А. Коэффициент полезного действия шестеренного насоса с внешним зацеплением. - *Известия вузов. Машиностроение*. – 2021. – № 3(732). – С. 53-61. DOI: 10.18698/0536-1044-2021-3-53-61.
21. Мутугуллини И.А. Пути решения проблем при использовании мазута. - *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. Том: 15. Номер: 10, С. 369-371. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17788788> (дата обращения: 20.02.2022).

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БИЗНЕСА К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет,  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А*

В статье рассмотрены основные направления адаптации энергетического бизнеса к сценариям развития рынков в условиях низкоуглеродного тренда, обусловленные необходимостью решения ряда глобальных технико-технологических проблем. Основные проблемы связаны с физико-химическими особенностями используемого в качестве топлива водорода, которые оказывают влияние на способы его получения, хранения, транспортировки и использования. Проведен сравнительный расчетно-теоретический анализ влияния физико-химических особенностей на условия хранения и транспортировки водорода по отношению к метану и другим газам. На основании анализа технико-технологических решений, применяемых в нефтегазовом секторе и НИОКР в области использования низкоуглеродных топлив, выделены основные направления реализации проектов по снижению выбросов парниковых газов в рамках Климатической политики в отношении охватов 1 и 2, также выделены перспективные направления, связанные с переходом на водородную энергетику.

*Ключевые слова:* парниковые газы, низкоуглеродный тренд, добыча, производство, хранение, транспортирование, водород, аммиак, природный газ, топливо-энергетические установки, транспорт.

### TECHNOLOGICAL FEATURES OF ENERGY BUSINESS ADAPTATION TO LOW-CARBON GLOBAL ECONOMY

G.V. Lepesh

*St. Petersburg State University of Economics,*

*Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboedov Canal, d. 30-32, letter A.*

The article discusses the main directions of adaptation of the energy business to the scenarios of market development in a low-carbon trend, due to the need to solve a number of global technical and technological problems. The main problems are related to the physico-chemical properties of hydrogen used as fuel, which affect the methods of its generation, storage, transportation and use. A comparative computational and theoretical analysis of the influence of physicochemical features on the storage and transportation conditions of hydrogen in relation to methane and other gases is carried out. Based on the analysis of technical and technological solutions used in the oil and gas sector and R&D in the use of low-carbon fuels, the main directions of implementation of projects to reduce greenhouse gas emissions within the framework of Climate Policy in relation to Scopes 1 and 2 are highlighted, promising areas related to the transition to hydrogen energy are also highlighted.

*Keywords:* greenhouse gases, low-carbon trend, extraction, production, storage, transportation, hydrogen, ammonia, natural gas, fuel-power plants, transport.

#### Введение

Несмотря на сложившиеся в последние месяцы проблемы в энергетическом секторе большинства европейских стран, нефтегазовые компании активно продолжают разрабатывать и внедрять отдельные меры по адаптации своего бизнеса к глобальному энергопереходу – к снижению спроса на традиционное топливо на фоне развития альтернативной энергетики и применения безуглеродных топлив в рамках принятой большинством стран мира Климатической повестки [1].

В последние годы, как ведущие международные нефтегазовые компании (BP, Equinor, Shell, Total, ENI, Repsol и др.), так и российские (Газпром, Татнефть, ЛУКОЙЛ, Новатэк, Роснефть и др.) принимают меры по адаптации своего энергетического бизнеса к требованиям низкоуглеродной экономики и устанавливают цели по сокращению выбросов парниковых газов, в том числе нулевые целевые показатели для сфер охвата 1, 2. В сфере охвата 3 компаниям, как правило, намного сложнее сократить выбросы, тем не менее, ряд компаний ставит такую цель.

<sup>1</sup>Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Безопасность населения и территорий от ЧС, СПбГЭУ, тел.: +7 (921) 751-28-29, e-mail: GregoryL@yandex.ru.

Материал подготовлен при финансовой поддержке НИР № 7576-623-20-9 от 17.02.2021 «Разработка сценариев устойчивого развития ПАО «Газпром» до 2050 года с учетом низкоуглеродного тренда мировой экономики»

Например, ПАО «Газпром» является крупным эмитентом парниковых газов и выбрасывает порядка 100 млн тонн CO<sub>2</sub>-экв/год (Охват 1+2). Среди предпринимаемых нефтегазовыми компаниями мер по декарбонизации бизнеса: внедрение декарбонизации в систему корпоративного управления, принятие целевых показателей по выбросам парниковых газов (ПГ), развитие добровольной системы мониторинга и независимого аудита ПГ и раскрытия климатической отчетности, введение внутренней цены на CO<sub>2</sub> и внедрение соответствующих ключевых показателей эффективности (КПЭ) в систему мотивации.

Ключевым из направлений низкоуглеродного развития нефтегазовых компаний может стать переход на производство и использование водорода и метано-водородных смесей (МВС). Прогнозируется, что водород, используемый сегодня в основном в химической и нефтехимической промышленности, в перспективе способен стать новым энергоносителем, замещающим углеводородные энергоносители, и сформировать «водородную экономику». Однако на пути развития водородной энергетики предстоит преодолеть технико-технологические трудности, обусловленные физико-химическими особенностями используемого в качестве топлива водорода, которые оказывают влияние на способы его получения, хранения, транспортировки и использования, по сравнению с традиционными углеводородными топливами. Некоторые особенности рассмотрены в данной статье.

#### **Основные направления деятельности нефтегазового сектора в рамках Климатической повестки**

Нефтегазовыми компаниями повсеместно применяются меры по повышению операционной эффективности, направленные на снижение производственных издержек, что приводит к сокращению углеродного следа и не требует значительного финансирования. Одним из наиболее простых способов сокращения эмиссии ПГ в окружающую среду является рациональное использование энергетических ресурсов предприятиями самого нефтегазового сектора, а также переработка, повторное использование и утилизация вторичных ресурсов. Например, только на утечки метана и сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) приходится до 45% от общего объема выбросов ПГ всего нефтегазового сектора. Поэтому их сокращение является первоочередной задачей, стоящей перед отраслевыми компаниями [2].

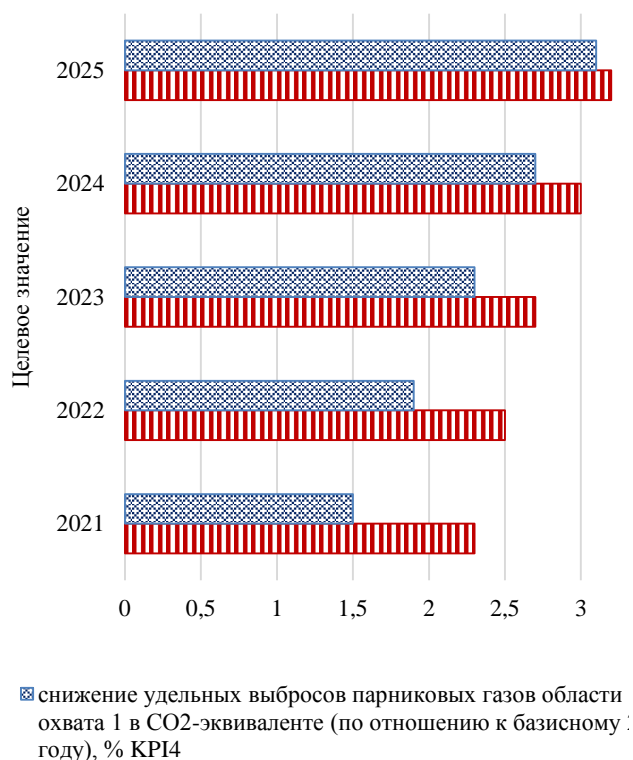
Предприятия нефтегазовой отрасли переходят на низкоуглеродные источники энергообеспечения. Для энергообеспечения своих производственных процессов компании внедряют возобновляемые источники (ВИЭ) и накопители электроэнергии. При переработке в качестве замены традиционного углеводородного сырья компании реализуют проекты с применением биотоплива, а для морской перевозки своей продукции использует транспорт, работающий на низкоуглеродном топливе, в частности, на природном газе. На данном этапе российский нефтегазовый сектор характеризуется бурным развитием проектов производства и применения сжиженного природного газа (СПГ), спрос на который в мире продолжает расти. Один из них, реализованный ПАО «Газпром», – интегрированный комплекс по переработке и сжижению природного газа в районе п. Усть-Луга (Ленинградская область), является крупнейшим по производству СПГ в Северо-Западной Европе – 13 млн тонн в год. Реализуются проекты по применению СПГ в качестве газомоторного топлива для железнодорожного, морского и автомобильного транспорта, тракторов и сельскохозяйственных машин, что стимулирует диверсификацию видов и модельного ряда транспортных средств, использующих СПГ.

Деятельность и «развитие ПАО «Газпром» как глобальной энергетической компании и надежного поставщика энергоресурсов связано с постоянным решением стратегических, технологических, экономических и иных задач, требующих поиска, получения и применения новых знаний, непрерывного повышения активности и эффективности инновационной деятельности» [3]. В перечень ключевых показателей эффективности (КПИ) ПАО «Газпром», исходя из целей инновационного развития, определены влияющие на снижение углеродного следа (рис. 1) КПИЗ – Снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на собственные технологические нужды и потери и КПИ4 – Снижение удельных выбросов парниковых газов в CO<sub>2</sub>-эквиваленте.

По данным годового отчета ПАО «Газпром» за 2020 год, наибольшее количество выбросов ПГ (рисунок 2, а), приходится на предприятия газотранспортного сектора. Значительная часть выбросов ПГ (14%) происходит при добыче. Следовательно, в первую очередь необходимо рассматривать технологии, обеспечивающие снижение выбросов ПГ в данных видах деятельности.

При рассмотрении по категориям источников выбросов ПГ, наибольшее количество их

эмиссий приходится на стационарное сжигание топлива и фугитивные выбросы (рисунок 2, б).



■ снижение удельных выбросов парниковых газов области охвата 1 в CO<sub>2</sub>-эквиваленте (по отношению к базисному году), % КПИ3

■ снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на собственные технологические нужды и потерю (по отношению к базисному 2018 году), % КПИ4

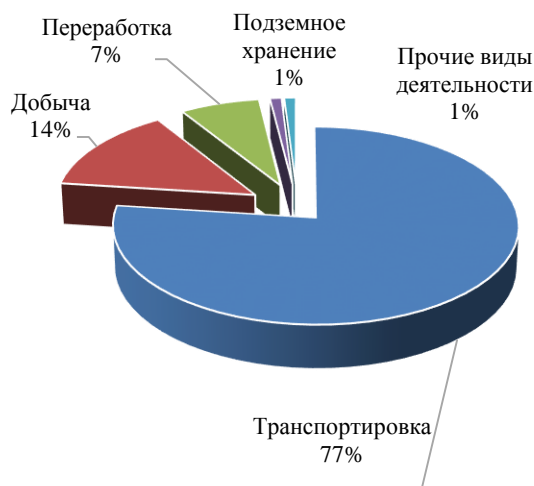
Рисунок 1 – Ключевые показатели эффективности ПАО «Газпром» (КПИ3 и КПИ4)

На основании представленных данных можно выделить следующие основные направления научно-технологических решений в газовой отрасли в условиях низкоуглеродной экономики, имеющие цель в т.ч. сокращение выбросов ПГ:

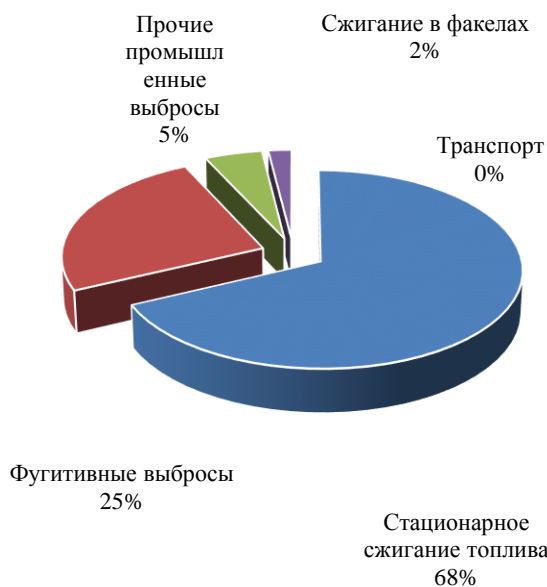
- сокращение потерь природного газа при выполнении регламентных работ;
- сокращение выбросов при сжигании;
- получение энергии за счет использования турбодетандеров, утилизации тепла, использования энергоблоков малой мощности;
- производство и использование водорода и метано-водородного топлива,
- хранение и транспортировка природного газа,
- повышение энергоэффективности компрессорных установок,
- обнаружение, измерение и оценка объемов утечек метана.

Также, в связи с актуальностью проблемы, необходимо выделить технологии улавливания и хранения углекислого газа (УХУ).

Направления реализации проектов ведущих нефтегазовых предприятий по снижению выбросов ПГ в отношении охватов 1 и 2, представлены в таблице 1.



а)



б)

Рисунок 2 – Объемы выбросов ПГ в ПАО «Газпром»: а) – по видам деятельности и б) – по категориям источников, 2020 г [4]

Таблица 1 – Направления реализации проектов по снижению выбросов парниковых газов в рамках Климатической политики в отношении охватов 1 и 2

<b>А Реальные технологии</b>	
<i>1. Повышение энергоэффективности (ЭЭ)</i>	
Добыча	1.1. Снижение энергоёмкости разработки газовых месторождений путем создания методов оптимизации режимов работы технологического оборудования и совершенствования системы энергоснабжения. Повышение ЭЭ производственных зданий и сооружений. Применение блочных электростанций для собственных нужд (ЭСН) с газотурбинным или газопоршневым приводом на каждом газовом промысле и других удаленных объектах. Интенсификация скважина акустическими методами. Технологии эксплуатации обводняющихся газовых и газоконденсатных скважин с использованием твердых и жидких поверхностно-активных веществ и концентрических лифтовых колонн.
Подготовка	1.2. Совершенствование технологии очистки газа от серосодержащих соединений и их утилизации. Применение низкотемпературной конденсации (НТК) вместо сепарации (НТС) при подготовке газа. Повышение энергоэффективности центробежных компрессоров. Внедрение автоматизированных установок комплексной подготовки газа с управляемым технологическим циклом. Применение современных сорбентов при сушке газа и сепарации: графитированной термической сажи (ГТС) и термотропных жидких кристаллов (ЖК), модифицированных углеродных адсорбентов.
Хранение	1.3. Повышение энергоэффективности процесса закачки газа в хранилища. Выбор оптимального количества и типоразмера ГПА, обеспечивающий снижение энергозатрат (замена морально устаревших и физически изношенных ГПА на агрегаты нового поколения с высоким эффективным КПД ГТУ, применение на КС агрегатов с различной удельной мощностью и т.д.); регенеративное использование теплоты отходящих газов ГТУ.
Транспортировка	1.4. Технологии сокращения энергетических потерь при транспортировке СУГ. Применение газотурбинных газоперекачивающих агрегатов (ГПА) с показателями энергоэффективности мирового уровня, включая современные газотурбинные двигатели с КПД 32 – 41% в диапазоне мощности 2 – 30 МВт и до 42 % в диапазоне мощности 44 – 50 МВт. Применение модульной компоновки ГПА. Применение технологии врезки под давлением: замена дефектных участков трубопроводов, ремонт и установка задвижек, запорной арматуры и другие виды реконструкции трубопровода без прекращения поставки продукта и без снижения давления. Снижение гидравлических сопротивлений за счет применения труб с внутренним покрытием и повышение рабочего давления до 11,8 МПа в трубопроводах большого диаметра с внутренним гладкостным покрытием.
Распределение	1.5. Повышение КПД и надежности газораспределительных систем. Оптимизация режима транспорта газа, с учетом энергоёмкости процесса, «веса» топливного газа в структуре затрат ГТС (определение оптимальной конфигурации сети; совершенствование планирования режимов программно-вычислительных комплексов.) Компьютерная диагностика и организация ремонта оборудования по техническому состоянию. Использование мобильных компрессорных станций (МКС) для сокращения потерь стравливаемого газа при проведении ремонтов на линейных участках магистрального газопровода.
Переработка	1.6. Применение энергоэффективного оборудования. Совершенствование термодинамического цикла сжижения ПрГ. Применение когенерационных электрогенерирующих парогазовых установок (ПГУ). Применение электродвигателей с инверторным управлением. Адиабатическая конверсия метана
Потребление	1.7. Энергоэффективные газопотребляющие установки. Повышение КПД топливосжигающей установки: утилизация тепла ПГ – на подогрев воды и топлива.; регенеративные горелки; установка ЧРП на подаче топлива и дымососе. Конденсационные котлы. Когенерационные ПГУ. Комбинированные ПГУ КГУ для горячего водоснабжения. Тригенерационные системы. Расширение применения СУГ для транспорта. Тепловая защита: зданий и сооружений, труб теплоносителя. Эффективные теплообменники и др.
<i>2. Снижение углеродоёмкости</i>	
Добыча	2.1. Снижение потребления на собственные нужды. Внедрение ВИЭ в отдалённых регионах. Внедрение газопоршневых и парогазотурбинных когенерационных установок.
<i>3. Поглощение ПГ</i>	
Добыча	3.1. Технологии контроля утечек и улавливания метана. Проведение стационарных газодинамических исследований скважин без выпуска газа в атмосферу. Применение информационно-управляющей системы для дистанционного контроля и регулирования работы каждой скважины. Закрытые системы продувки скважин (с возвратом газа после продувки скважин во входной коллектор).

Подготовка	2.2. Декарбонизация газа на скважинах. Получение водорода непосредственно в скважинах на шельфе. Производство метановодородной смеси. Интенсификация нефтяных скважин улавливаемым CO <sub>2</sub>	3.2. Улавливание и утилизации CO <sub>2</sub> при сжигании метана. Разработка и внедрение мембранных систем отделения CO <sub>2</sub> . Применение ферментов и хемосорбентов для улавливания CO <sub>2</sub> .
Хранение	2.3. Снижение потребления первичной энергии. Применение тепловых насосов при изотермическом хранении СУГ с автоматическим управлением процессами конденсации паров в изотермическом резервуаре и регазификации СУГ с использованием парокompрессионного теплового насоса.	3.3. Совершенствование технологии сжижения паров метана. Применение технологии сжижения газа на основе однопоточного холодильного цикла.
Транспортировка	2.4. Снижения утечек газа при его транспортировке. Внедрение современных контрольно-измерительных средств по обнаружению и измерению утечек газа. Применение беспилотных средств. Применение воздушного или электрического запуска ГПА, обогрева резервных ГПА сжатым воздухом. Применение системы резистивных кабелей, предназначенная для компенсации теплопотерь с поверхности газопроводов большой протяженности.	3.4. Сокращение утечек метана при транспортировке СУГ. Транспортировка водорода с помощью наноматериалов на основе углеродных нанотрубок, графенового материала, торфа и др.
Распределение	2.5. Снижения утечек газа при распределении. Применение технология сухих газодинамических уплотнений для герметизации роторов газовых компрессоров в центробежных компрессорах газоперекачивающих агрегатов.	3.5. Доочистка газа в распределительных сетях. Совершенствование процессов сепарации. Применение эффективных конденсаторосборников и пылеуловителей. Внедрение современных контрольно-измерительных средств по обнаружению и измерению утечек газа.
Переработка	2.6. Совершенствование процесса декарбонизации и очистки газа перед сжижением. Применение парового и (или) автотермического риформинга метана с использованием технологий утилизации CO <sub>2</sub> .	3.6. Сокращение утечек парниковых газов при переработке. Применение технологии конверсии метана с улавливанием CO <sub>2</sub> , Адиабатическая конверсия метана
Потребление	2.7. Совершенствование процесса сжигания газа. Турбулизация потока; беспламенное горение. Применение топливных элементов для получения эл. энергии в различных областях: это источники питания мобильных и ноутбуков, двигатели транспортных средств, автономные источники электроснабжения зданий, стационарные электростанции.	3.7. Совершенствование процессов очистки дымовых газов. Установка скрубберов, газопромывателей, адсорбирующих фильтров, плазмо-каталитических фильтров., мокрых электрофильтров.
<b>Б. Перспективные технологии будущего</b>		
<i>Переход на низкоуглеродные источники энергии</i>		<i>Повышение энергоэффективности</i>
Добыча	1.1. Использование водорода для собственных нужд. Электрогенерация на скважинах с низким давлением. Внедрение ВИЭ для собственных нужд. Технологии освоения малых месторождений с использованием процесса синтетического жидкого топлива на промысле.	2.1. Цифровизация бизнеса. Внедрение интеллектуальных систем мониторинга катодной защитой газопроводов и потреблением электрической энергии. Интенсификация скважин акустическими методами.
Подготовка	1.2. Производство метановодородной смеси. Производство аммиака для нужд энергетики. Производство водорода.	2.2. Совершенствование термодинамических процессов. Применение криогенных газовых машин (КГМ) на основе термодинамического цикла Стирлинга.
Хранение	1.3. Технологии долгосрочного хранения водорода в сжиженном, абсорбированном, либо сжатом газообразном состоянии. Хранение аммиака.	2.3. Разработка рентабельных и безопасных технологий хранения водорода. Хранение водорода в подземных хранилищах. Применение тепловых насосов при изотермическом хранении СУГ с автоматическим управлением процессами конденсации паров.



Транспортировка	1.4. Транспортировка водорода. Приспособление существующей газотранспортной сети для транспортировки метано-водородной смеси (МВС) с разделением этих двух газов уже на выходе из трубы. Строительство магистральных водородных транспортных сетей. Внедрение технологии адиабатической конверсии метана для производства МВС на КС ГТС для собственных нужд. Развитие техники мобильной транспортировки аммиака и водорода.	2.4. Применение водорода в качестве моторного топлива. Производства метано-водородной смеси на компрессорных станциях (КС) и ее использование в качестве топливного газа вместо метана на этих КС. Применение отпарного водорода в ДВС морских танкеров, железнодорожных составах и др. Развитие регенеративного использования теплоты отходящих газов ГТУ.
Распределение	1.5. Строительство водородной инфраструктуры. Высокопроизводительные компрессоры для газообразного водорода. Диспенсеры для раздачи водорода конечным потребителям.	2.5. Адаптация оборудования ТЭЦ для использования водородного топлива. Строительство мобильных газо-водородных ТЭЦ для районов Арктики и Дальнего Востока
Переработка	1.6. Получение водорода методом пиролиза метана. Производство аммиака для использования в виде топлива.	2.6. Новые технологии повышения эффективности переработки газа и газового конденсата. Производства новых углеродных материалов (нанотрубки, графен и т.д.).
Потребление	1.7. Применение в качестве энергоносителя. Перевод грузового автомобильного и железнодорожного транспорта на водород. Применение водорода в энергетике.	2.7. Развитие энергоносителей и потребителей водорода. Энергетическая эффективность производства и потребления водорода. Диверсификация водородных транспортных средств.
<i>3. Поглощение ПГ</i>		<i>4. Инновационные направления</i>
Добыча	3.1 CCS-EOR –технологии. Применение морских электростанций на природном газе, поставляемом напрямую с морских газовых месторождений. Использование улавливаемых ПГ при нефтедобыче.	4.1. Производство в местах добычи. Производство вторичных продуктов предварительной переработки (очистки) природного газа: формальдегиды, гелий, этан, метанол, кислоты и др. Технология мембранного выделения гелия из природного газа для получения гелиевого концентрата и обеспечения его долгосрочного хранения в продуктивном пласте. Производство водорода.
Подготовка	3.2. CCS –технологии. Производство аммиака автотермическим риформингом с мембраной (МА-ATR) для производства водорода из природного газа с интегрированным улавливанием CO <sub>2</sub> .	4.2. Цифровизация процессов и установок комплексной подготовки газа (УКПГ) с применением искусственного интеллекта.
Хранение	3.3. CCUS –технологии. Разработка инженерной структуры для обратной транспортировки утилизированных парниковых газов по трубопроводной системе.	4.3. Новые технологии. Технологии хранения природного газа в адсорбенте. Технология селективной эксплуатации объекта хранения в подземных хранилищах путем разделения потоков газа в скважине ПХГ.
Транспортировка	3.4. Новые технологии транспортировки. Транспортировка водорода с помощью наноматериалов на основе углеродных нанотрубок, графенового и других инновационных материалов.	4.4. Применение новых методов диагностики и неразрушающего контроля. Применение автоматизированных мобильных комплексов для радиоскопического контроля сварных швов для труб большого диаметра. Диагностика состояния транспортных сетей на основе искусственного интеллекта.
Распределение	3.5. Автоматизированные системы мониторинга утечек на основе современных датчиков и беспилотных средств.	4.5. Цифровизация и новые материалы. Применение для газопроводных сетей полиэтиленовых труб с защитным слоем из полипропилена с минеральными наполнителями, многослойных труб. Автоматизация управления оптимальным распределением потоков в сети.
Переработка	3.6. Технологии переработки утилизированных парниковых газов в топливо и химикаты. Применение утилизированного CO <sub>2</sub> в промышленности и сельском хозяйстве. Использование сжиженного CO <sub>2</sub> в газовых энергетических турбинах, в криогенных установках и др.	4.6. Производство новых материалов. Получение кормового белка, биопластика. Производство товарного гелия. Получение электроэнергии для дата-центров и майнинга. Генерация электроэнергии для опреснения воды.

Потребление	3.7. Развитие системы переработки и утилизации водородных топливных элементов. Технологии поглощения и утилизации ПГ.	4.7. Диверсификация потребления. Развитие транспорта на водородных и метанольных топливных элементах. Технологии использования газа и его производных при производстве кирпича, стекла, плитки, цемента и других строительных материалов.
-------------	---	---

Очевидно, что разработка и внедрение мероприятий в рамках Климатической политики должно основываться на результатах непрерывного научного поиска, применении прогрессивных инновационных технологий и передовых организационно-управленческих решений.

### Перспективы производства и применения водорода в Российской Федерации

Наиболее перспективным источником энергии будущего является водород ( $H_2$ ). При нормальных условиях его плотность  $\rho = 0,08987$  кг / м<sup>3</sup>, температура кипения  $t_k = -252,76$  °С, удельная теплота сгорания  $q = 120,9 \cdot$  МДж / кг (нижняя). Основным преимуществом применения водорода в энергетике его энергоёмкость (плотность энергии на единицу массы составляет 141,9 МДж/кг), а также экологичность, поскольку при его сжигании образуется практически только вода. При этом КПД топливно-энергетических установок может достигать высоких значений от 20 до 70% и относительно мало зависит от установленной мощности и нагрузки (КПД тепловых машин, таких как двигатели внутреннего сгорания (ДВС), дизельные двигатели и т.п. не превышает 40%).

В России водород хотя и производится в промышленных масштабах и, однако используется, в основном, для задач нефтепереработки, металлургии и производства удобрений. Всего в мире в год потребляется 75 млн тонн водорода, при этом практически все это количество производится путем паровой конверсии углеводородов, угля и биомассы. В качестве побочного продукта реакций в таких системах образуется диоксид углерода, который является балластным газом и снижает энергетическую ценность водорода, в результате чего получаемый водород требует доочистки, а выделенный диоксид углерода сбрасывается в атмосферу, напрямую влияя на антропогенное изменение климата планеты. Ожидается, что применение водорода в качестве источника энергии приведет к тому, что к 2040 году рынок водородного топлива достигнет 160 млрд долларов США.

Основными технологиями производства водорода в промышленных масштабах сегодня рассматриваются следующие [2]:

- парового риформинга с применением технологии  $CCS^7$  при внедрении гибридных технологий криогенной дистилляции и мембран, для отделения  $CO_2$ , а также применения ферментов и хемосорбентов для этих целей;
- пиролиза метана;
- получения синтез-газа или водорода посредством неполного окисления горючего в циклическом многоретортном реакторе;
- автотермического риформинга для производства водородсодержащей газовой смеси.

Наиболее распространенный способ производства водорода сегодня – из природного газа с использованием паровых риформеров метана. Наиболее привлекательно разделение водородсодержащих смесей с применением мембранных технологий – мембранного газоразделения или мембранной газовой абсорбции [5]. Мембранные технологии энергоэффективны (фазовый переход в подавляющем большинстве мембранных процессов отсутствует), характеризуются низкими капитальными затратами за счет компактности, модульности и мобильности мембранного разделительного оборудования, а также экологичностью мембранных разделительных процессов. Например, модульные мембранные аппараты могут быть интегрированы в оборудование для получения водорода, что позволяет полностью осуществлять процессы в одном блоке обработки. Газоразделительные модули на основе полимерных мембран перспективны для дополнительного извлечения водорода из сбросных газов, которые содержат до 25% от исходного количества  $H_2$ , получаемого паровой конверсией. С другой стороны, мембранно-абсорбционные аппараты комбинируют в себе компактность и модульность с высокой селективностью выделения диоксида углерода, обеспечиваемой абсорбционной жидкостью, что имеет высокий потенциал для выделения диоксида углерода из синтез-газа и очистки водорода.

<sup>7</sup>  $CCS$  – технология улавливания и хранения диоксида углерода.

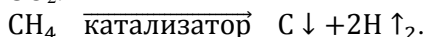
Водород («голубой») может производиться путем интеграции улавливателя углерода с установками парового риформинга метана или автотермическими установками риформинга (АТР). CO<sub>2</sub> может либо улавливаться и использоваться (CCUS), либо улавливаться и храниться (CCS) в постоянных подземных хранилищах в естественных геологических формациях.

При производстве водорода получают продуктовый водородный газ, который включает побочные продукты: углекислый газ, угарный газ, метан, вода, аргон, азот и кислород. Все эти примеси должны быть удалены прежде, чем он будет использован в технологии. Как правило, для профессиональной очистки водорода от примесей посторонних газов и используется технология КЦА, которая позволяет получить водород сверх высокой чистоты (от 99.9%) и при этом извлечь от 70% до 90% целевого продукта. Если требования к чистоте не столь велики, для очистки водорода экономически целесообразней будет использовать мембранную технологию. Мембранные модули позволяют экономично выделять водород из богатых водородом газовых потоков с минимальными потерями 1 – 10 % газа. Применение мембранных модулей позволяет получить продуктовый водород чистотой от 90 до 99.9%. Например, водород и углекислый газ могут быть разделены, сначала с использованием адсорбционной очистки газа от диоксида углерода цеолитом СаА, при котором большая часть диоксида углерода выходит первой, затем с использованием мембранного процесса для отделения оставшегося диоксида углерода.

Можно ожидать, что в будущем самой эффективной технологией станет разделение CO<sub>2</sub> с помощью ферментов. Такая технология обладает двумя основными достоинствами:

- 1) безопасностью с экологической точки зрения;
- 2) очень низким энергопотреблением при полном отсутствии нагрева компонентов.

Водород («бирюзовый») также получается методом пиролиза метана – высокотемпературного процесса трансформации метана в водород и твердый углерод и, следовательно, без выбросов CO<sub>2</sub>.



Производство «бирюзового» водорода является наиболее прогрессивным (при условии безопасной реализации) потому, что при прочих равных условиях пиролиз метана (и иные аналогичные технологии производства чистого водо-

рода из природного газа, то есть сразу без выбросов CO<sub>2</sub>) будет дешевле, в расчете на единицу массы произведенного водорода, по сравнению, с паровым/автотермическим риформингом метана (нет нужды в дорогостоящей технологии улавливания и захоронения CO<sub>2</sub>). Существенным преимуществом пиролиза метана является меньший удельный расход электроэнергии (оценивается менее 20 кВт·ч, на килограмм водорода) в сравнении, например, с электролизом воды (от 48 до 78 кВт·ч) [6]. Более того, решение проблемы маркетинга, получаемого при пиролизе в качестве побочного продукта твердого углерода, или сажи (которая является климатически нейтральной против CO<sub>2</sub>/CO, которые эмитируются при риформинге), будет не увеличивать, а дополнительно уменьшать затраты на производство водорода. Для термического разложения метана необходимы высокие температуры (выше 1000°C). Использование катализатора помогает увеличить скорость реакции и, таким образом, снижает температуру, требуемую для конверсии природного газа. Технологической особенностью такого процесса является периодическое восстановление катализатора, что сопровождается выбросами диоксида углерода и, таким образом, повышается «углеродный след» получения водорода. Поиск дешевых катализаторов для исключения этапа восстановления – актуальное направление исследований, результаты которых уже существуют. Примером такого катализатора служит железная руда (The Hazer Process) [6].

Потребность процесса в тепловой и электрической энергии может частично покрываться за счет получаемого водорода. Возможен также плазменный пиролиз – это способ разложения метана в плазме (например, сверхвысокочастотного разряда). В этом случае в качестве источника энергии используется электроэнергия (сетевая или возобновляемая) и, соответственно, процесс не сопровождается «прямыми» выбросами диоксида углерода.

Если же объемы твердого углерода окажутся избыточными для эффективного маркетинга (производительного использования), то, во-первых, его захоронение (или временное, пусть и долгосрочное, хранение) не является технически сложной и социально чувствительной (в отличие от захоронения CO<sub>2</sub>) проблемой, поскольку он не является климатически агрессивным.

Эксперты Центра экономического прогнозирования Газпромбанка в июле 2019 года сделали оценки стоимости производства водорода из природного газа (рис.3).

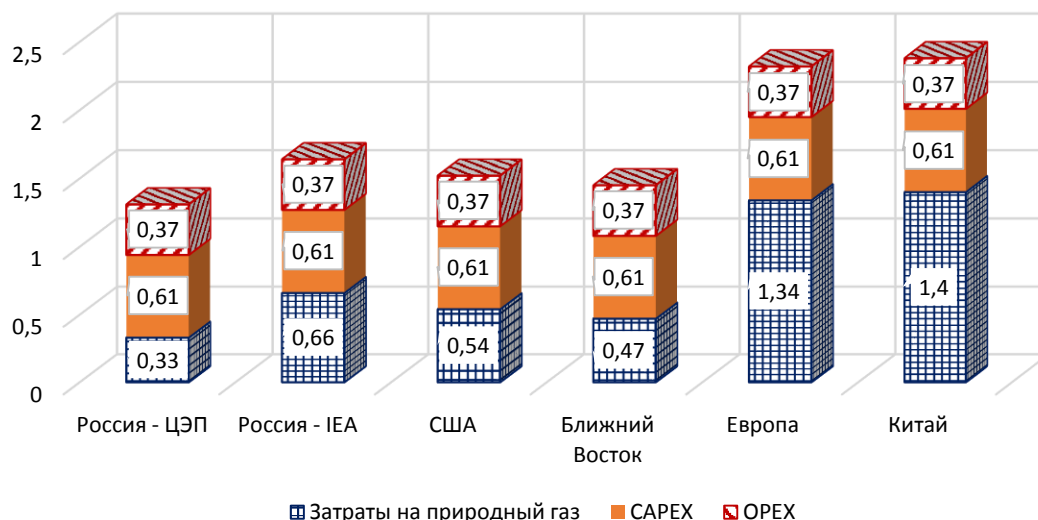


Рисунок 3 – Стоимость<sup>8</sup> производства водорода из природного газа с учетом затрат на улавливание, хранение и утилизацию углекислого газа (CCUS), долл./кг [7]

Учёные Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (НИЯУ МИФИ) создали экспериментальную установку для разработки передовых твёрдотельных накопителей водородного топлива, а учёные Томского политехнического университета (ТПУ) разработали уникальную технологию получения перспективного материала – кубического карбида вольфрама высокой чистоты. Он сможет заменить дорогие платиновые катализаторы и снизить стоимость получения водородного топлива.

Перед российскими учёными и специалистами ставятся задачи по реализации новых пилотных проектов в области водородной энергетики:

- создание, производство и применение пилотных установок производства водорода без выбросов углекислого газа;
- создание опытного образца железнодорожного транспорта на водороде;
- создание опытных полигонов низкоуглеродного производства водорода на объектах переработки углеводородного сырья или объектах добычи природного газа, и др.

НОВАТЭК хочет выпускать и экспортировать как «голубой», так и «зеленый» водород. Для этого планируется масштабное строительство ветропарков во всех регионах присутствия компании – на Ямале, Гыдане, а также, возможно, в Мурманской области и на Камчатке. Пилотная водородная установка появится на действующем проекте «Ямал СПГ», откуда водород можно поставлять на экспорт в Европу и

Азию. А потенциально самое выгодное положение для транспортировки водорода в Европу – у среднетоннажного СПГ-завода НОВАТЭКа на Балтике [8]. Аналогичный проект реализует Equinor совместно с партнерами Shell и Total на норвежском континентальном шельфе – в Северном море, поблизости от месторождения Тролль (Troll) [8].

В последние лет пять-десять достигнут большой прогресс в плане безопасности использования водородных двигателей. Уже есть опыт применения локомотивов на водороде (поезда на водородных элементах) для пассажирского железнодорожного сообщения [8]. Перспективным видится применение железнодорожного транспорта на жидком водороде для транспортировки самого жидкого водорода.

### Проблемы хранения и транспортировки водорода

Процессы хранения, транспортирования и распределения газообразного водорода во многом аналогичны таковым для природного газа.

Возможны следующие системы хранения водорода:

- газообразного под давлением;
- в жидком состоянии;
- в интерметаллических соединениях;
- в химических соединениях;
- комбинированные системы.

Невысокая плотность газообразного водорода ( $\sim 0,09$  кг/м<sup>3</sup>), низкая температура его сжижения, а также высокая взрывоопасность в

<sup>8</sup> CAPEX – (сокращ. от англ. «capital expenditure»)– капитальные издержки; OPEX – (сокращ. от англ. «operational expenditure») – операционные или текущие издержки

сочетании с негативным воздействием на свойства конструкционных материалов являются проблемами, сдерживающими развитие водородной энергетики в настоящее время. Чтобы увеличить плотность водорода (перевести его в жидкое состояние), его нужно сжать до сотен атмосфер, либо охладить ниже температуры кипения (20 К), либо перевести в связанное состояние путем адсорбции, абсорбции, или химического взаимодействия с другими материалами.

В настоящее время наиболее распространены стационарные газобаллонные системы хранения газообразного водорода под давлением. Их достоинством является простота конструкции, однако большой удельный вес ограничивает их использование на транспорте. В США распространены системы хранения в виде подземных газохранилищ, представляющих, главным образом, технологическую выработку газа или нефти. Широкое распространение получили следующие способы хранения газообразного водорода:

- в газгольдерах с водяным бассейном (мокрые газгольдеры);
- поршневых газгольдерах постоянного давления; (сухие газгольдеры);
- в газгольдерах постоянного объема (емкости высокого давления).

Хранение водорода в виде газа требует повышения его давления до высоких значений (30 МПа), что вызывает необходимость повышенных мер безопасности. Чем больше давление газа, тем меньше требуется объем  $V$ . Зависимость между давлением и объемом газа описывается уравнением Ван-Дер Вальса

$$p = \frac{rT}{V - b} - \frac{a}{V^2}, \quad (1)$$

где  $r$  – удельная газовая постоянная;  
 $T$  – абсолютная температура;  
 $V$  – удельный объем газа;  
 $a$  и  $b$  – параметры, учитывающие взаимодействие молекул и объем, недоступный для молекул (ковалюм), соответственно.

Указанная зависимость может быть представлена графически (рис. 4). Эффективность хранения водорода в газообразном состоянии в резервуарах под давлением зависит от величины давления. Причем из построенных графиков видно, что масса одного и того же объема водорода значительно будет уступать массе метана и других газов.

В соответствии с уравнением адиабатного сжатия газа, работа сжатия одного моля водорода  $W$ :

$$W = \frac{k}{k - 1} P_0 V_0 \left[ \left( \frac{p_1}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right], \quad (2)$$

где  $k$  – показатель адиабаты,  $k=1,2$  для двухатомных газов;

$p_1$  – конечное давление;

$P_0, V_0$  – начальная температура и удельный объем газа.

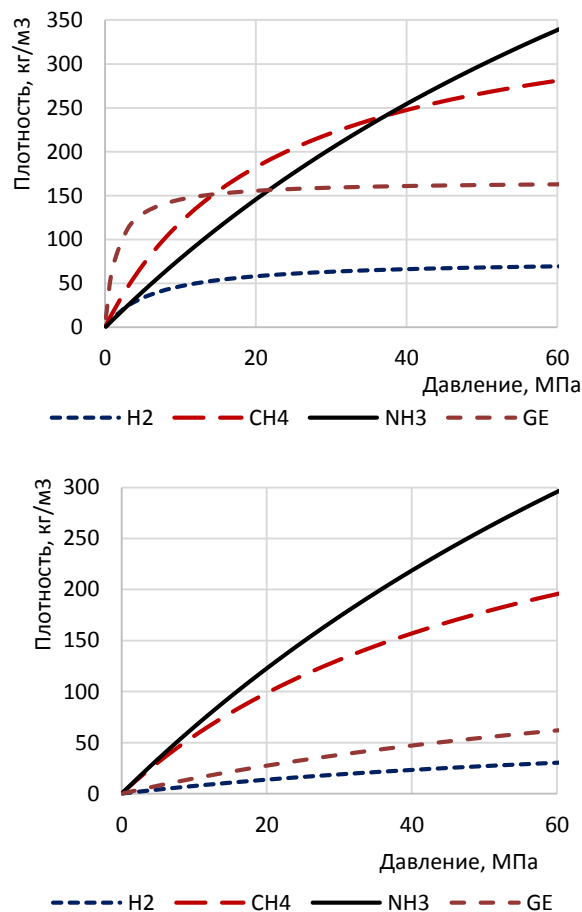


Рисунок 4 – Зависимость плотности газа от давления: а) – при температуре кипения; б) – при комнатной температуре ( $T=293$  К)

На рисунке 5 показана удельная энергия, требуемая для адиабатного сжатия водорода, гелия и метана, рассчитанная от состояния газа при нормальных условиях, до конечного давления. Из представленной зависимости видно, что для сжатия водорода требуется гораздо больше энергии (10–15% теплотворной способности водорода), чем для метана. Величину энергетических затрат можно снизить, если технологию компримирования водорода совместить с технологией его получения уже в частично компримированном состоянии (рис. 6).

В любом случае затраты на получение водорода и на его хранение в сжатом виде будут в разы дороже, чем природного газа.

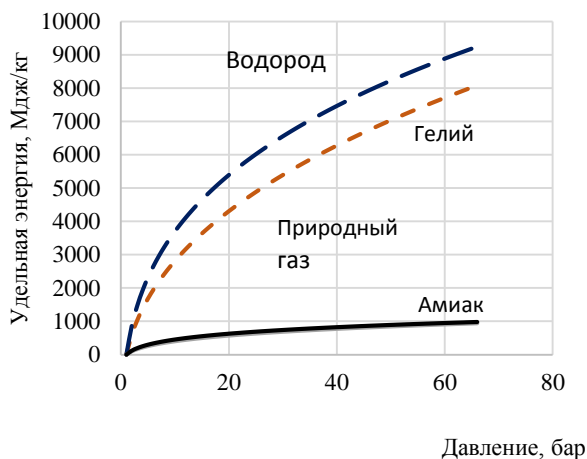


Рисунок 5 – Зависимость энергии адиабатного сжатия от атмосферного давления

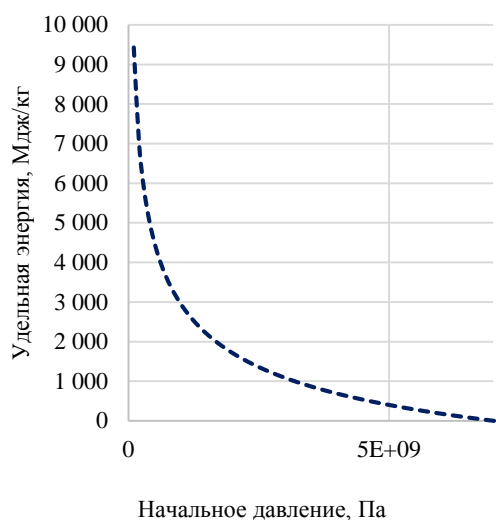


Рисунок 6 – Зависимость энергии адиабатного сжатия водорода от начального давления

Широкое распространение получило хранение газообразного водорода в газгольдерах с водяным бассейном (мокрые газгольдеры), объемом от 100 до 3000 м<sup>3</sup>, поршневых газгольдерах постоянного давления (сухие газгольдеры), объемом от 10000 м<sup>3</sup> и более, газгольдерах постоянного объема (объем таких газгольдеров обычно не превышает 2500 м<sup>3</sup>, емкости высокого давления. Наибольшее рабочее давление газа в них находится в пределах 0,4 – 1,8 МПа.). Рабочее давление в газгольдерах, изготовляемых из углеродистых сталей, обычно не превышает 10 МПа. Проблемы повышения давления связаны со значительным удорожанием и возможностью водородной коррозии, которая заметно наблюдается при давлениях в сотни МПа. Следует отметить, что подобные хранилища допускают утечку водорода из-за негерметичности

от 1,1% в сутки до 1,65%, в зависимости от объема хранилища от 3000 м<sup>3</sup> и более до 3000 м<sup>3</sup> [9].

Наиболее перспективными и экономически эффективным для хранения больших количеств водорода являются способы хранения в истощенных газовых и водоносных пластах, в соляных кавернах глубиной 365 м при давлении водорода 5 МПа в объемах хранения в 108 м<sup>3</sup>, в пористых водонаполненных структурах, вмещающих до 20 · 10<sup>6</sup> м<sup>3</sup> водорода, в хранилищах, созданные подземными атомными взрывами.

К системе хранения водорода в жидком состоянии, выдвигаются специфические требования: применение высокоэффективной теплоизоляции или термостатирование данного объема. Такое хранение представляет лучший вариант в отношении снижения массы топлива и повышения плотности энергии (в настоящее время запас хода автомобилей на одну заправку бака составляет около 300 км). Очень низкая температура хранения (-253 °С) требует высокой степени теплоизоляции бака. Во время работы двигателя электрический испаритель поддерживает в баке требуемое давление. Остаточная теплота заставляет водород выходить наружу через предохранительный клапан, что приводит к его ежедневным потерям (около 2 %) при неработающем двигателе. Основными параметрами оценки системы являются потери на испарение  $m_6$  и коэффициент относительных потерь  $\eta$ :

$$m_{H_2} = \frac{Q_6}{L_{H_2}}, \frac{кг}{ч}; \quad (3)$$

$$\eta = \frac{(M_{H_2 0} - M_{H_2 к})}{M_{H_2 0}}; \quad (4)$$

где  $Q_6$  – тепловой поток, проникающий в сосуд для хранения (криотанк);

$\dot{r}_{H_2}$  – теплота парообразования водорода,  $\dot{r}_{H_2} = 450$  кДж/кг;

$M_{H_2 0}$  – масса водорода в начале хранения;

$M_{H_2 к}$  – масса водорода в конце хранения.

Известно, что сосуды емкостью до 5000 м<sup>3</sup> теряют водорода от 0,02 до 0,3 % в сутки за счет иго испарения и стравливания.

Проведем приблизительную оценку условий хранения. Допустим, что криотанк имеет шарообразную идеальную форму с радиусом  $R_T$ , снаружи, покрытую слоем теплоизоляции с термическим сопротивлением  $R$ . Масса сжиженного водорода, при полном заполнении танка

$$M_{H_2} = \frac{4}{3} \rho_{H_2} \pi R_T^3, \quad кг, \quad (5)$$

где  $\rho_{H_2}$  – плотность сжиженного газа, которая зависит от температуры и давления (см. (1),

рис.2), кг/м<sup>3</sup>. Для водорода, имеющего низкую температуру кипения при относительно высоких давлениях) уравнение (1) можем записать в виде:

$$\rho_{H_2} = \frac{p}{\dot{r}_{H_2} T_{H_2} - bp'} \quad (6)$$

где  $p$  – давление в криотанке, Па;  
 $\dot{r}_{H_2}$  – удельная газовая постоянная водорода,  $\dot{r}_{H_2}=4,125$  КДж/(кг К).

Количество образующегося отпарного водорода  $m_{H_2}$ , кг/ч, прямо пропорционально количеству теплоты, поступающей через тепловое ограждение площадью  $S_T$ , м<sup>2</sup>.

$$S_T = 4\pi R_T^2. \quad (7)$$

Получим:

$$m_{H_2} = \frac{4\pi R_T^2}{R\dot{r}_{H_2}} (T_H - T_{H_2}) \cdot 3600, \quad (8)$$

где  $T_H, T_{H_2}$  – температура наружного воздуха и температура хранения водорода, примем:  $T_H = 293$  К,  $T_{H_2} = 20,28$  К ;

$R$  – коэффициент термического сопротивления;

$\dot{r}$  – скрытая теплота парообразования водорода  $\dot{r} = 450$  кДж/кг.

Определим радиус криотанка  $R_T$  через его объем  $W_T$ , м<sup>3</sup>, подставим в уравнение (8), после преобразования получим массу испаряющегося водорода в час.

$$m_{H_2} = 10,4 \frac{W_T^{\frac{2}{3}}}{R\dot{r}_{H_2}} (T_H - T_{H_2}) \cdot 3600. \quad (9)$$

Таблица 2 – Параметры сжиженных газов

Наименование	Плотность в нормальных условиях, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Скрытая теплота парообразования, $\dot{r}$ , кДж/кг	Температура кипения в нормальных условиях, $T_{к2}$ , К	Удельная газовая постоянная, $r$ , кДж/(кг К)	Ковалюм, м <sup>3</sup> /кг	Интенсивность испарения, %/ч
Водород (H2)	0,09	450	20,28	4,125	0,013	0,059
Метан (CH4)	0,67	510	112	0,519	0,0026	0,025
Амиак (NH3)	0,80	1373	240	0,488	0,001	0,006
Гелий (He)	0,18	23	4,2	2,078	0,006	0,134

В зависимости от наличия свободного объема  $W_0$ , в течение времени над свободной поверхностью будет нарастать избыточное давление. При увеличении давления до предельного уровня  $p$  произойдет сброс части газа в атмосферу или в специальный резервуар, позволяющий его хранение в газообразном или связанном состоянии.

На рисунках 5, 6 приведены сравнительные значения времени достижения критических давлений для различных газов, хранящихся в сжиженном состоянии при температурах кипения в криотанках, заполненных на 90%. Из графиков следует, что для водорода это время несравнимо меньше, чем для метана и аммиака, практика хранения и транспортировки которых уже отработана.

Расчеты, проведенные по формулам (3–8), представленные таблицей 2, показывают, что потери при хранении водорода могут значительно превышать потери хранения других сжиженных газов. Например, при отпаривании водорода 0,059% от массы в сопоставимых условиях тепловой защиты происходит 0,025% массы метана и около 0,006% аммиака. Только у гелия это значение намного больше и составляет 0,134 % массы.

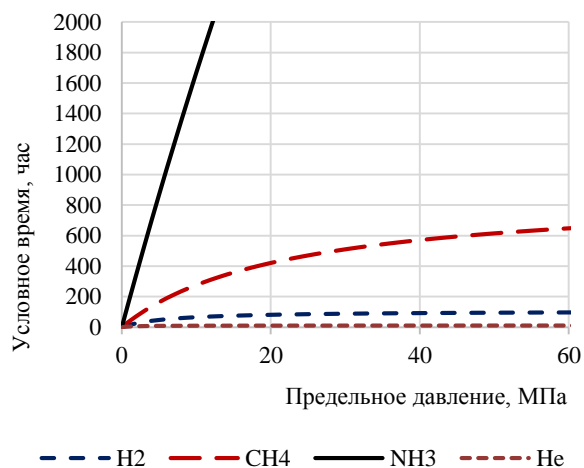


Рисунок 7 – Время достижения давления сброса при хранении сжиженных газов в равных теплозащитных условиях при температуре кипения

Водород можно транспортировать к месту его использования в газообразном или жидком состояниях. Проблемы транспортировки на дальние расстояния в сжиженном состоянии, как мы видим, связаны с необходимостью высокой теплоизоляции, которую сложно обеспечить пассивными методами – необходимы криогенные источники, требующие значительных за-

трат энергии. При этом, с целью снижения потерь водорода, танк заполняют на 0,97 – 0,7 объема, оставляя пространство для отпарного газа.

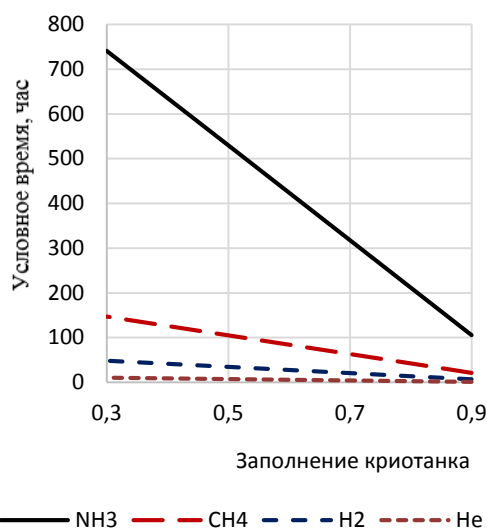


Рисунок 8 – Время достижения давления  $p=3,0$  МПа от степени заполнения криотанка

Процент заполнения, как правило уменьшают с увеличением расстояния (времени) транспортировки. Проблема сброса может быть решена переводом транспортных средств на отпарной водород.

При транспортировании газообразного водорода требуются баллоны высокого давления. Применяются обычные стальные баллоны, которые предназначены для хранения водорода с давлением до 20 МПа. Масса водорода в таких баллонах составляет не более 1,5% (мас.), а объемная плотность хранения – 10...12 кг/м<sup>3</sup>. В самых современных баллонах, выполненных из армированного пластика, масса водорода составляет ~2–3 % от массы баллона. Титановые баллоны применяются для хранения водорода под давлением до 40 МПа. Композитные баллоны, выполненные из углепластика с внутренним пластмассовым или металлическим лейнером, применяются для хранения и транспортирования водорода, сжатого до давления 70 МПа.

Перспективным для транспортирования газообразного водорода является относительно безопасная технология хранения в носителях: в микросферах, капиллярных структурах, различных модифицированных металлоорганических каркасных структурах, супрамолекулярных структурах на основе углеродных нанотрубок, графенового материала и других адсорбентов. Кроме того, можно применить твердые или жидкие носители, которые содержат водород в связанном виде, таких как: гидриды металлов, наноструктуры, жидкие углеводороды и другие богатые водородом соединения.

Транспортировку газообразного водорода можно производить по трубопроводным системам, причем рассматриваются варианты как специальных, так и используемых ранее для транспортировки углеводородных смесей. Например, известны трубопроводные системы в США компаний Air Products, Praxair, Air Liquide, BOC Group (Калифорния, Техас, Луизиана, Индиана) [10]. В настоящее время в мире имеется около 16 тыс. км водородных трубопроводов. Как правило, водородные трубопроводы большой длины, эксплуатируются под давлением от 0,5 до 10 МПа, распределительные сети имеют меньший диаметр труб и работают под низким давлением (в США  $p = 0,03 \dots 1,4$  МПа). При таких давлениях плотность природного газа в 7 – 8 раз превышает плотность водорода, в то время как удельная теплота сгорания почти в три раза выше у водорода. Следовательно, эквивалентное использование трубопроводных магистралей при прокачке через них водорода возможно при увеличении скорости в 2,0 – 2,5 раз.

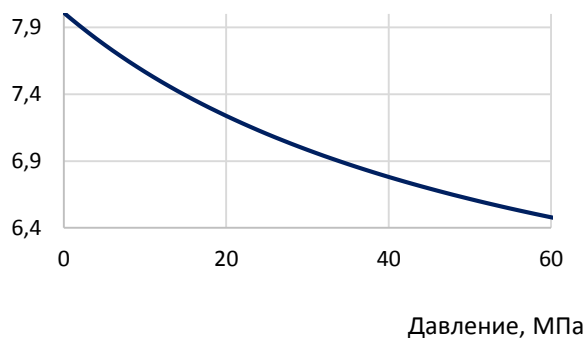


Рисунок 9– Отношение плотностей метана и водорода

Учитывая, что в трубопроводах низкого давления (0,1 МПа и ниже) скорость газа составляет 10 м/с, а в магистральных (6...8 МПа) – в два раза больше, то при одинаковых диаметрах труб она должна достигать соответственно 25 и 50 м/с.

На рисунках 10 и 11 приведены расчетные зависимости, характеризующие энергетические потери при транспортировке газов трубопроводом диаметром 0,5 м, рассчитанные по формулам:

$$N = W \cdot \Delta p, \quad (10)$$

где  $W$  – объемный расход газа, м<sup>3</sup>/с.

$$W = \frac{\pi D^2}{4} \cdot v, \quad (11)$$

где  $v$  – скорость, м/с;

$D$  – диаметр трубы;

$\Delta p$  – потери давления по длине трубы.

На основании формулы Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad (12)$$



где  $\lambda = 0,316/\sqrt[4]{Re}$ ;  
 $Re$  – число Рейнольдса.  

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}, \quad (13)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость газа, Па·с.

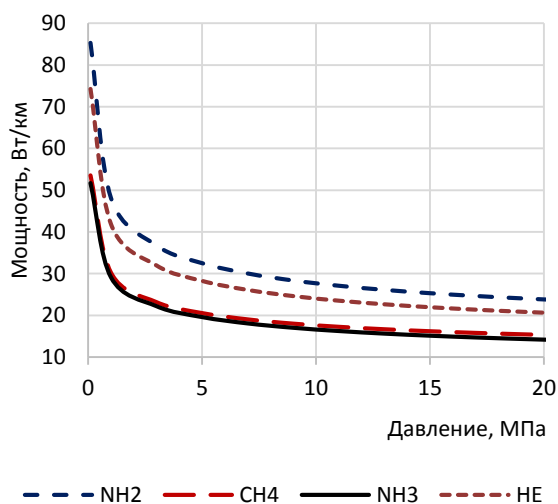


Рисунок 10 – Потери мощности в зависимости от давления транспортируемого газа (при  $v=20$  м/с)

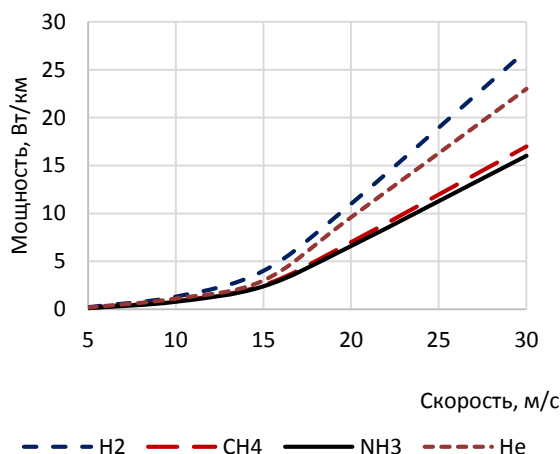


Рисунок 11 – Потери мощности в зависимости от скорости транспортируемого газа (при  $p=10$  МПа)

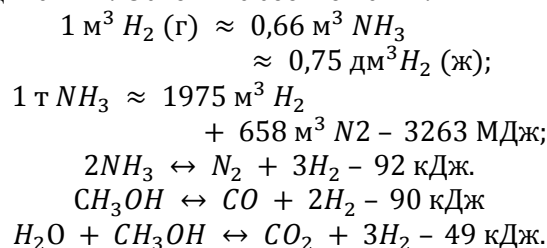
Удельная стоимость транспортировки водорода снижается с увеличением дальности. Так, при увеличении расстояния с 8 до 100 км стоимость снижается на порядок.

Известно [10], что при транспортировке природного газа через каждые 100...120 км расходуется примерно 0,3 % объема перекачиваемого природного газа на компрессорных станциях для поддержки движения. Учитывая, что энергоёмкость водорода в 2,8 раз выше чем природного газа (метана), а затрачиваемая мощность выше примерно в 1,5 раз (см. рис.10, 11), можем считать транспортировку водорода тру-

бопроводом эффективной. Поскольку строительство газопроводов для транспортировки водорода дорогостоящее, то на первоначальном этапе можно применять единую систему газоснабжения, принадлежащую ПАО «Газпром», связывающую сегодня более 80 тыс. населенных пунктов более 160 тыс. км магистральными газопроводами.

Перспективными направлениями на сегодняшний день в НИОКР ПАО «ГАЗПРОМ», в отношении применения низкоуглеродных топлив, является производство и использование метановодородных смесей для собственных энергетических нужд в целях снижения углеродного следа от поставок газа. Опыты показывают, что с повышением содержания водорода в МВС горение смеси становится более устойчивым при нормальном давлении, причём МВС сгорает при значительном содержании в ней водяных паров (20 – 30%), что увеличивает количество генераторных газов и эффективность при применении ее в качестве топлив ГПА. При этом интеграция технологий утилизации теплоты уходящих газов и АКМ позволит создать газотурбинную установку нового типа с высокими энергетическими и экологическими показателями (технология «Тандем», рис. 12). Увеличение мощности газотурбинной установки по сравнению с базовой ГТУ может составить до 70 – 80%, снижение расхода топлива – до 35 – 40% [33]. Для перспективных ГТУ коэффициент эффективного использования теплоты сгорания топлива должен достигать величины порядка 80 % и более, в том числе на уровне 34...36 % для выработки мощности на валу нагнетателя, а остальное за счет рационального использования теплоты отходящих газов. Решению задачи по наиболее полному использованию теплоты отходящих газов ГТУ посвящено много работ, но и в настоящее время эта задача остается для отрасли весьма актуальной и требует своего дальнейшего комплексного решения.

Анализ построенных зависимостей показывает также целесообразность хранения и транспортирование водорода на дальние расстояния в форме аммиака (возможно также в виде метанола, этанола в следствие высокой плотности объёмного содержания водорода в этих соединениях. Основные соотношения:



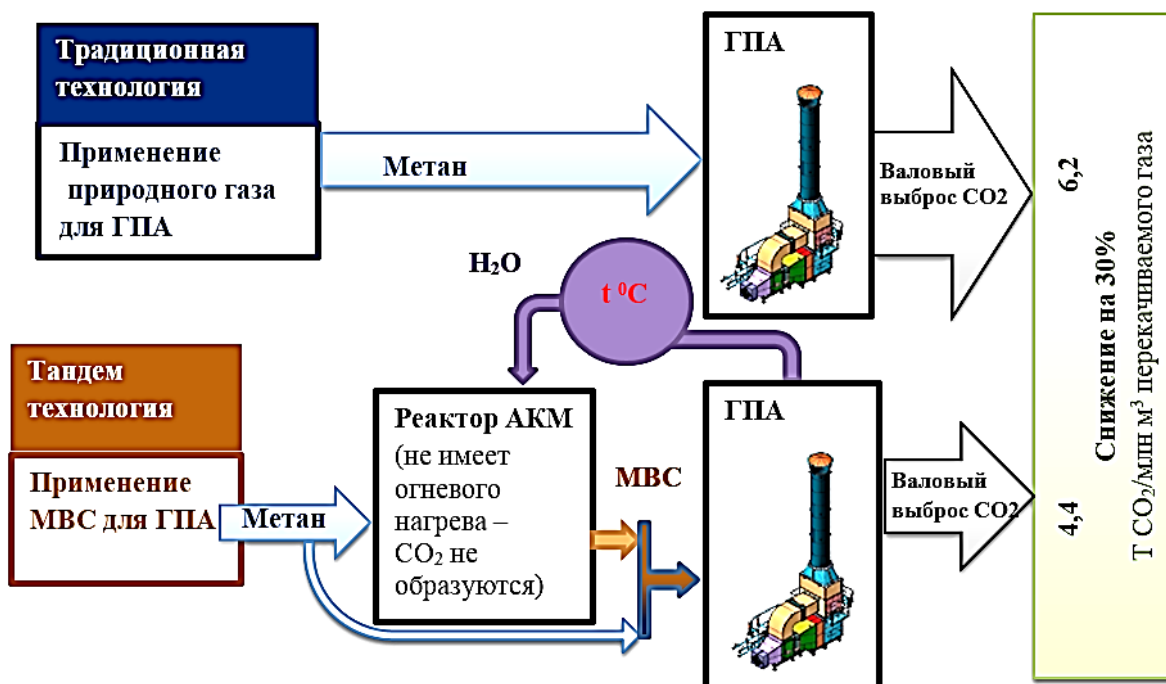


Рисунок 12 – Сравнение традиционной технологии и технологии «Тандем»

### Заключение

Водород – самое дорогое топливо, при том, что водородные силовые установки для еще находятся в стадии разработки.

Широкое применение водорода в энергетике станет возможным при наличии первичного источника энергии, позволяющего наладить его низкоуглеродное производство, а также при комплексном подходе к решению проблем хранения, транспортировки и использования в энергетических установках.

### Литература

1. Климатическая повестка: версия 2.0. Режим доступа: <https://energypolicy.ru/klimaticheskaya-povestka-versiya-2-0/energetika/2021/14/16/>
2. Клементовичус, Я.Я. Анализ стратегий по адаптации глобальных энергетических компаний – конкурентов и партнеров пао "ГАЗПРОМ" к тренду низкоуглеродной экономики// Я.Я. Клементовичус, Н.С. Сараханова, Е. Б. Абдалова и др./ Отчет о НИР/НИОКР. Изд-во СПбГЭУ -2021 г. - 1124 с.
3. Паспорт программы инновационного развития ПАО «Газпром» до 2025 года. Источник: <https://www.oknogazprom.ru/fileadmin/f/seminars/2018/presentations/GAZPROM.pdf>.
4. Источник: Экологический отчет ПАО «Газпром». Режим доступа:

<https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-environmental-report-2020-ru.pdf>.

5. Практическое применение мембранного разделения газовых смесей Режим доступа: [http://chemanalytica.com/book/novyy\\_spravochnik\\_khimiya\\_i\\_tekhnologiya/10\\_protessy\\_i\\_apparaty\\_khimicheskikh\\_tekhnologiy\\_chast\\_II/7118](http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimiya_i_tekhnologiya/10_protessy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_II/7118).
6. Роль российского природного газа в развитии водородной энергетики. URL: <https://energypolicy.ru/o-aksyutin-a-ishkov-k-romanov-r-teterevlev-rol-rossijskogo-prirodnogo-gaza-v-razviti-vodorodnoj-energetiki/gaz/2021/12/25/>
7. «Водородная экономика» – перспективы перехода к альтернативным энергоносителям и возможности экспорта для России. Центр экономического прогнозирования Газпромбанка. – URL: <https://investvitrina.ru/articles/makroekonomicheskii-obzor-vodorodnaya-ekonomika-perspektivy-perehoda-k-alternativnym-energonositelyam-i-vozmozhnosti-eksporta-dlya-rossii/>
8. Водород у ворот Как Россия пытается выйти на новый рынок/ Коммерсантъ/ URL: [https://www.kommersant.ru/doc/4521376?utm\\_source=vybor&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=newsletter](https://www.kommersant.ru/doc/4521376?utm_source=vybor&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter)
9. Водородная энергетика. Хранение водорода. Режим доступа: [http://codingrus.ru/readarticle.php?article\\_id=375](http://codingrus.ru/readarticle.php?article_id=375).
10. Алексеева О. К., Козлов С. И., Фатеев В. Н. Транспортировка водорода // Транспорт на альтернативном топливе. 2011. №3 (21). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportirovka-vodoroda> (дата обращения: 22.08.2022).

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССОВОЙ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

М.Ю. Осипова<sup>1</sup>, Т.А. Максимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29,*

<sup>2</sup>*ООО «ТопКом Инвест», Россия, 614007, Пермь, ул. Тимирязева, 30.*

В статье представлено исследование, посвященное систематизации и структуризации сущности оценки стоимости недвижимого имущества, разработана схема информационных потоков алгоритма оценки, представлен алгоритм нейросетевого моделирования процесса оценки, рассчитан экономический эффект от применения авторской методики на примере Пермского края. Актуальность темы связана с необходимостью совершенствования концептуальных основ и методического инструментария оценки стоимости недвижимого имущества, которая выступает базисом обеспечения справедливого налогообложения, увеличивает эффективность использования объектов недвижимости, повышает налоговый потенциал территории и устойчивость её бюджетов.

*Ключевые слова:* кадастровая стоимость объектов недвижимости физических лиц, информационные потоки, нейросетевое моделирование.

### NEURAL NETWORK MODELING OF THE PROCESS OF MASS VALUATION OF REAL ESTATE OBJECTS

M.Yu. Osipova, T.A. Maximov  
*Perm National Research Polytechnic University,  
614990. Perm. Komsomolsky Ave., 29.  
TopCom Invest,  
614007, Perm, Timiryazev str., 30.*

The article presents a study devoted to the systematization and structuring of the essence of the valuation of real estate, a scheme of information flows of the evaluation algorithm is developed, an algorithm for neural network modeling of the evaluation process is presented, the economic effect of the application of the author's methodology is calculated on the example of the Perm Region. The relevance of the topic is connected with the need to improve the conceptual foundations and methodological tools for assessing the value of real estate, which acts as the basis for ensuring fair taxation, increases the efficiency of using real estate, increases the tax potential of the territory and the stability of its budgets.

*Keywords:* cadastral value of real estate objects of individuals, information flows, neural network modeling

#### Введение

Необходимость совершенствования концептуальных основ и методического инструментария оценки стоимости недвижимого имущества выступает базисом обеспечения справедливого налогообложения, увеличивает эффективность использования объектов недвижимости, повышает налоговый потенциал территории и устойчивость её бюджетов. Однако, существующая система налогообложения имущества в России, где в качестве налоговой базы выступает

кадастровая стоимость, сформированная на основе рыночной информации, не в полной мере отвечает принципам рационального использования и не в совершенстве выполняет задачи общеэкономического характера, а служит исключительно фискальным целям.

Согласно действующему законодательству, кадастровая стоимость устанавливается либо в следствии проведения кадастровой оценки, либо в результате рассмотрения споров, при этом, несмотря на то, что количество споров

<sup>1</sup>*Осипова Мария Юрьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и финансы», тел.: +7 952 33-53-558, e-mail: osipova.mi@mail.ru;*

<sup>2</sup>*Максимов Тимофей Андреевич – кандидат экономических наук, директор по развитию бизнеса, тел.: +7 912 881-87-22, e-mail: mak-tima@ya.ru.*

о пересмотре результатов ее определения снизилось, однако суммарная величина кадастровой стоимости объектов недвижимости снижается в среднем более чем на 33 % (за 5 месяцев 2022 г. – на 34,9%) [5]. Несовершенство методики расчета кадастровой стоимости недвижимости, искажение сведений об объектах в ЕГРН, при нарастании цифровизации всех процессов, способствует росту недовольства завышенным налоговым обременением у населения, ведет к несбалансированному планированию бюджетов регионов и муниципальных округов. Таким образом, цель исследования, заключающаяся в разработке методического подхода к оценке кадастровой стоимости недвижимого имущества физических лиц на основе метода нейросетевого моделирования, направленного на повышение уровня информативности оценки и совершенствования налогового администрирования, является актуальной.

### Материалы и методы

В ходе исследования были использованы: этимологический подход, метод сравнения, анализ открытых статистических данных, описание и обобщение, моделирование с помощью машинного обучения. Методика заключалась в проведении критического сущностных характеристик кадастровой стоимости объектов недвижимости физических лиц. Авторами была разработана нейросетевая модель оценки стоимости объектов недвижимости.

### Обсуждение

На основе анализа нормативно-правовых актов и методологических подходов ученых, предложено уточненное понятие «кадастровой стоимости объектов недвижимости физических лиц» – выполненный в соответствии с законодательством результат оценки стоимости объектов недвижимого имущества на конкретную дату, зафиксированный в государственном реестре и используемый для целей налогообложения [4, 5, 6, 7, 8, 9, 11]. Данная стоимость определяется на основе рыночных сведений, связана с экономическими характеристиками объекта, методами массовой оценки, однако при невозможности использовать эти методы она определяется индивидуально. Рыночной стоимостью признается наиболее вероятная цена объекта, которая формируется на открытом рынке в условиях свободной конкуренции, когда участники сделки действуют в условиях информационной открытости. Она находится под влиянием разнообразных факторов социально-экономических систем разного уровня, а также состояния самого объекта. Согласно 32 Главе Налогового кодекса и другим нормативно-правовым актам можно выделить следующие элементы начисления налога на имущество физических лиц по кадастровой стоимости (рисунок 1) [4, 6, 7, 8, 9, 11].

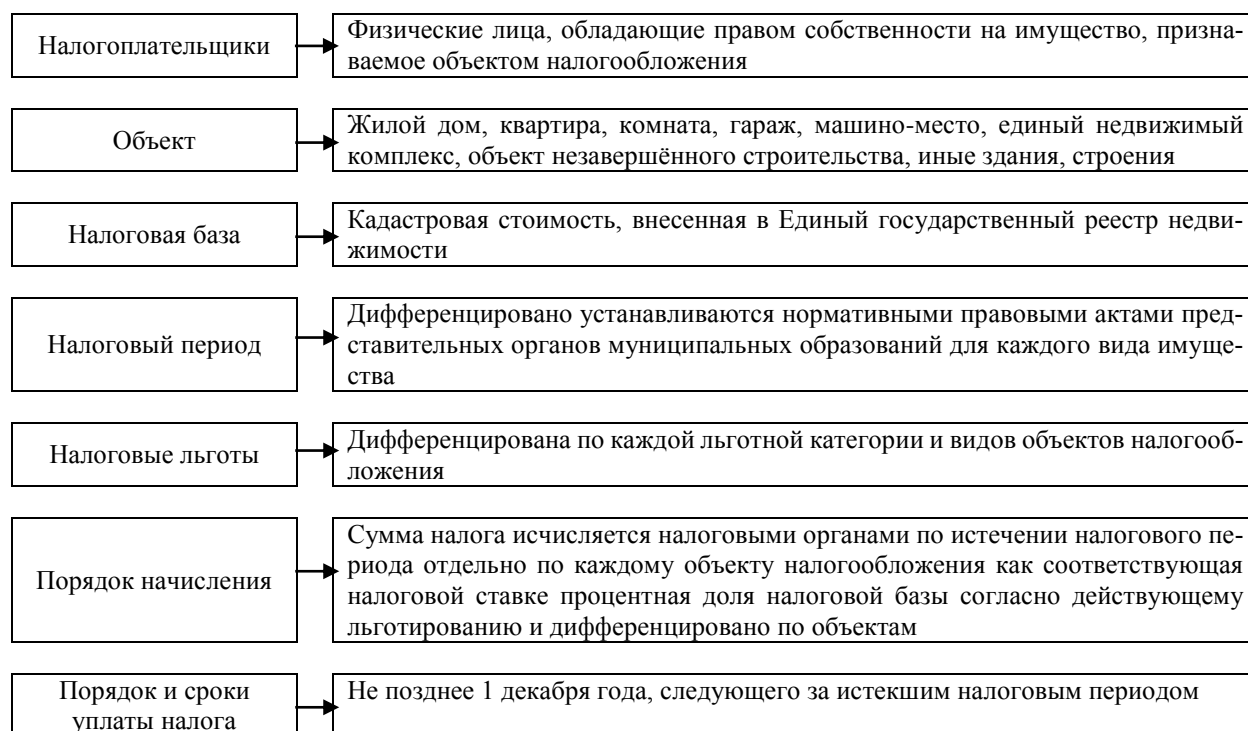


Рисунок 1 – Элементы начисления налога на имущество физических лиц

Авторская схема информационных потоков алгоритма определения кадастровой стоимости объектов недвижимости физических лиц представлена на рисунке 2 и отличается от ранее известных детализацией бизнес-процессов на примере Пермского края.

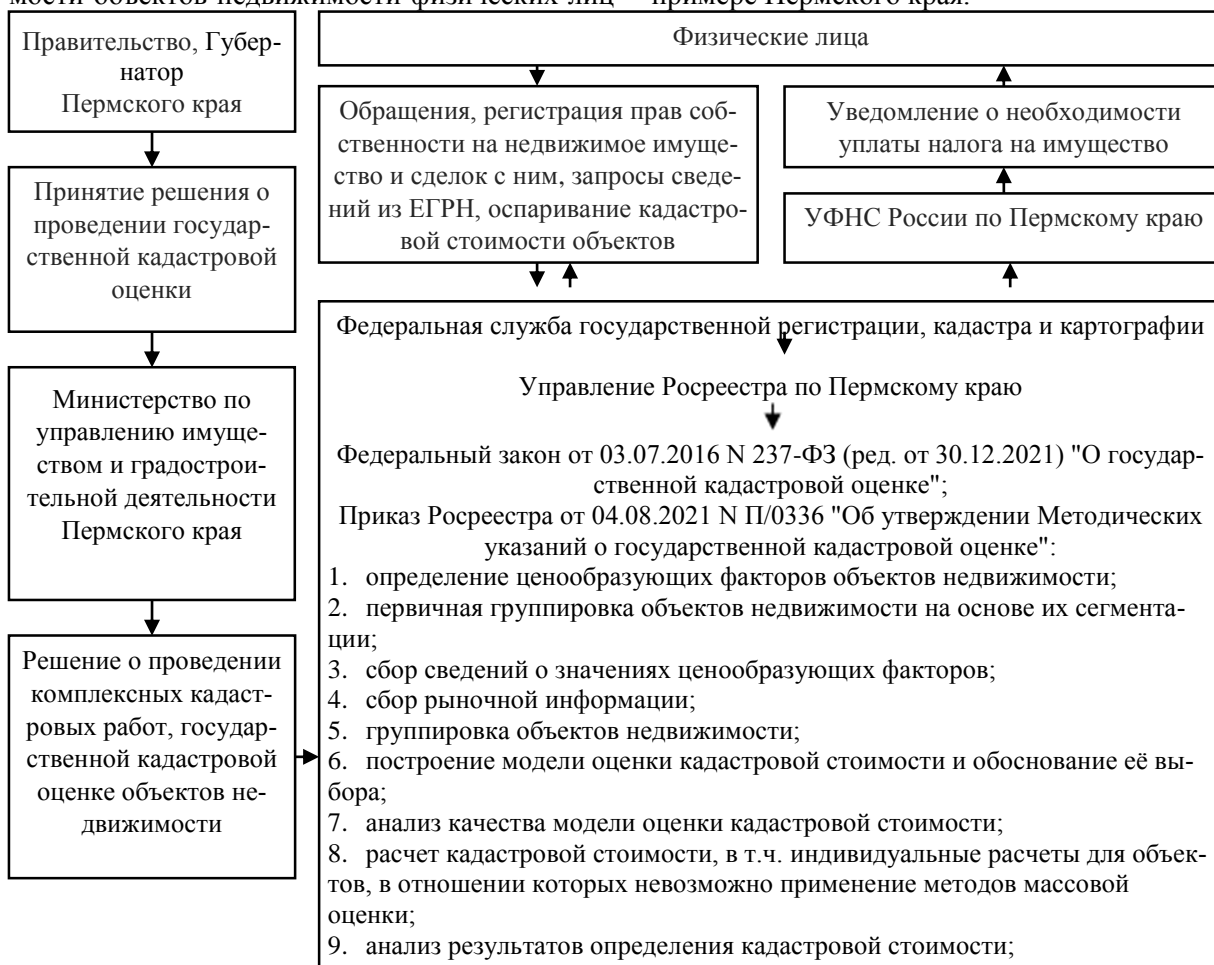


Рисунок 2 – Схема информационных потоков определения кадастровой стоимости объектов недвижимости физических лиц

Как следует из схемы ключевую роль в оценке кадастровой стоимости объектов недвижимости физических лиц играет Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, которая выступает монополистом в данной сфере и осуществляет регулярный учет, мониторинг объектов недвижимости на основе унифицированного методического подхода. Для установления кадастровой стоимости применяются методы массовой оценки для однородных групп объектов. Моделирования стоимости объектов в настоящее время ограничено применением методологии только трех подходов: сравнительного, затратного или доходного [9], что существенно снижает качество формирования стоимости, увеличивает вероятность «методологических ошибок», т.к. наблюдаются диспропорции между неким средним уровнем кадастровой стоимости и рыночными реалиями, территориальными и прочими характеристиками объектов [3].

Наращение цифровизации всех сторон жизни общества обуславливает необходимость создания единой интегрированной цифровой системы мониторинга и управления объектами недвижимости, что обусловлено тем, что данная база:

- позволит интегрировать разнообразные актуальные сведения о ценообразующих факторах объектов недвижимости;
- будет способствовать принятию качественных управленческих решений органами государственной власти при планировании бюджетов и градостроительной деятельности;
- повысит прозрачность реальной информации об объектах для обслуживания и удовлетворения потребностей пользователей;
- упростит и простимулирует сделки с объектами недвижимости и т.д.

Проведенный анализ цифровых сервисов в области недвижимости показал, что в настоящее время наиболее востребованной является платформа Росреестра

(<https://rosreestr.gov.ru/>), Федеральной налоговой службы (<https://www.nalog.gov.ru/>) и Единого портала госуслуг (<https://esia.gosuslugi.ru/>). Переход на рельсы концепции цифровой трансформации позволит в будущем качественно и оперативно оказывать весь спектр услуг с недвижимостью заинтересованным субъектам по принципу «одного окна» на основе единой ИТ-архитектуры, оптимизации бизнес-процессов, применении искусственного интеллекта и клиентоориентированных умных сервисов, однако, при проектировании сервисов уже сейчас необходимо учитывать развитие методического инструментария, который должен соответствовать следующим критериям: универсальность расчетов; простота алгоритма; минимизация затрат на освоение методики; корректность и реальность полученных данных; максимальная отдача в виде уплачиваемых налогов и эффективность планирования бюджетов.

Анализ инструментария позволил авторам предложить алгоритм и методический подход к оценке расчета кадастровой стоимости имущества на основе методов машинного обучения, включая нейросетевое моделирование, которые позволяют получить наиболее точный и качественный результат оценки стоимости недвижимости благодаря возможности учета широкого спектра экзогенных и эндогенных факторов и параметров объектов. Теоретико-методическим базисом, разработанной нейросетевой модели массовой оценки объектов недвижимости, послужили труды российских авторов: Н.П. Баринаева [10], К.К. Брусняка [1], С.М. Грибовского [2], Л.Н. Ясницкого [12] и других.

Моделирование рынка недвижимости с помощью машинного обучения представляет собой комплексное мультипликативное применение статистического анализа данных для поиска закономерностей и моделирования развития социально-экономического объекта в зависимости от его заданных экзогенных и эндогенных характеристик. Алгоритм нейросетевого моделирования процесса массовой оценки и прогнозирования стоимости объектов недвижимости включает следующие элементы и представлен на рисунке 3.

1. Постановка цели и формализация задачи ( $y=F(X_i)$ ).

2. Ввод и загрузка кодированных данных из статистических источников, ЕГРН и т.д. ( $X_i$ ,  $Y_i$  - множество входных и выходных векторов).

3. Выбор нейросетевой типологии, построение концептуальной математической модели: определение структуры и параметров сети (количество нейронов в скрытом слое, количества

итераций, разработка сети с динамической архитектурой, возможность кластеризации объектов, описание метода и алгоритма глубокого обучения, вид активационных функций и т.д.).

4. Разработка алгоритма и программного продукта, подключение необходимых библиотек, возможно создание цифровой платформы.

5. Обучение и отладка созданного алгоритма нейросети, определение синаптических весов, обеспечивающих минимальную ошибку обучения.

6. Аprobация качества обучения с помощью критерия его допустимой ошибки ( $E_{0\_max}$ ) и анализ результатов, в случае получения недопустимого значения критерия необходимо вернуться к пунктам 3, 4, 5 уточнив модель.

7. Тестирование нейросети - определение оптимальной конфигурации нейросети с верифицированными прогностическими свойствами;

8. Кросс-валидация модели – повторная проверка качества модели по критерию допустимой ошибки тестирования ( $E_{t\_max}$ ) и анализ результатов модели. В случае получения недоверенных и нерепрезентативных данных необходимо вернуться к п. 3 уточнив модель или к п. 2 пересмотреть набор множества входных.

9. Массовая оценка кадастровой стоимости объектов недвижимости – расчет стоимости объекта  $u_i$  при заданных входных параметрах ( $X_i$  - множество входного вектора), подготовка отчетных документов и аргументация выводов.

10. Сценарное прогнозирование стоимости объектов недвижимости  $Y_i$ .

11. Анализ и интерпретация результатов, подготовка сопроводительной документации и отчета.

Авторский методический инструментарий был реализован с помощью высокоуровневого языка программирования Python, выбор был обусловлен тем, что язык обладает динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью, читаемостью кода и высоким его качеством, при этом синтаксис ядра языка достаточно минималистичен, по сравнению с компилируемыми языками. Простоте написания кода способствует и разнообразие открытых библиотек, некоторые из них были использованы при разработке нейросети и ее обучения (Sklearn, Pandas, Numpy, Theano, TensorFlow, Keras, Tkinter, PyInstaller, Sys). Большинство работ проводилась в Jupyter Notebook, т.к. данный инструмент позволяет хранить в одном файле разработанный код, результаты его работы и аналитические отчеты в интерактивном виде.

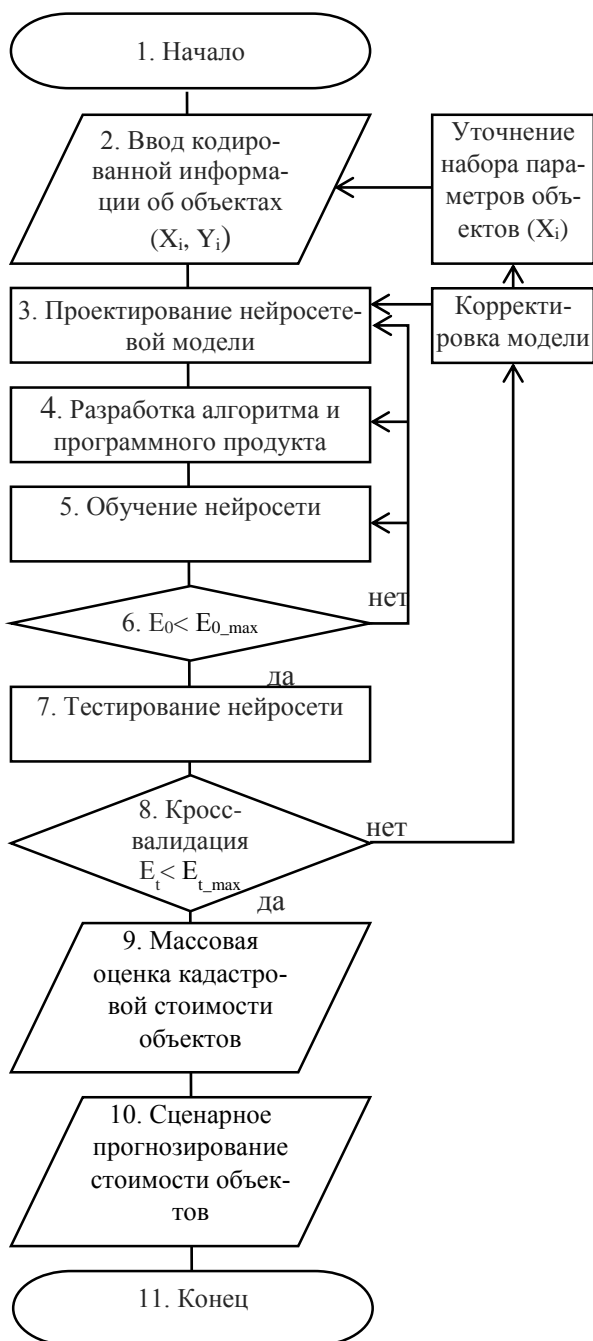


Рисунок 3 – Алгоритм нейросетевого моделирования процесса оценки стоимости объектов недвижимости

В качестве исходных данных была использована учебная база данных из 2315 однокомнатных квартир г. Перми за 2020 г., имеющих 20 признаков качественного и количественного характера, которые согласно авторскому алгоритму (рис. 3) были закодированы и сохранены в формате \*.csv (BD.csv).

Процесс моделирования массовой оценки объектов недвижимости был основан на сравнительном подходе, т.к. большинство пара-

метров рынка недвижимости, особенно связанных с предложением, находится в открытом доступе. В качестве функции потерь была выбрана MAE, что обусловлено простой интерпретации значений, в качестве метода оптимизации весов нейронной сети был выбран алгоритм Adam.

Первоначально было написано два Python-приложения: `train_model.py`, которое позволило сформировать и обучить нейронную сеть, и `predict.py` – предназначенное для прогнозирования стоимости объекта недвижимости. После апробации был написан код для графического интерфейса `house_price.py`. Авторский программный продукт включает следующие функции:

- `Init_main` – главная функция необходимая для создания интерфейса;
- `Load_data` – в качестве аргумента принимает файл, содержащий примеры для обучения, осуществляет предобработку и возвращает массив  $X_i$ , содержащий характеристики объектов, массив  $Y_i$ , (стоимость объектов);
- `Baseline_model` – в качестве аргумента принимает количество признаков объекта (входной вектор  $X_i$ ), возвращает созданную модель;
- `Learning` – считывает данные из интерфейса и вызывает функцию, обучающую нейронную сеть;
- `Train_model` – обучает нейронную сеть, в качестве аргументов принимает массивы  $X_i$ ,  $Y_i$  и количество эпох обучения, сохраняя ее параметры;
- `Predict` – считывает характеристики объектов из интерфейса, передает в обученную модель, возвращая их оценочную стоимость.

На рисунке 4 представлены этапы алгоритма работы методического инструментария оценки кадастровой стоимости недвижимого имущества.

Для подтверждения качества и достоверности полученных результатов процесса массовой оценки кадастровой стоимости недвижимого имущества разработанной нейронной сетью был выполнен сравнительный анализ результатов нейросетевого моделирования с реальным предложением на рынке недвижимости за аналогичный период (нейросетевую модель `House_price`), пример результата вычислений представлен в таблице 1.

Апробация инструментария показала близость цен по расчетам нейросети и предложения на рынке недвижимости, среднее отклонение составило 0,61%. Результаты проведенного регрессионного анализа зависимости цены объекта от различных факторов представлены в таблице 2.

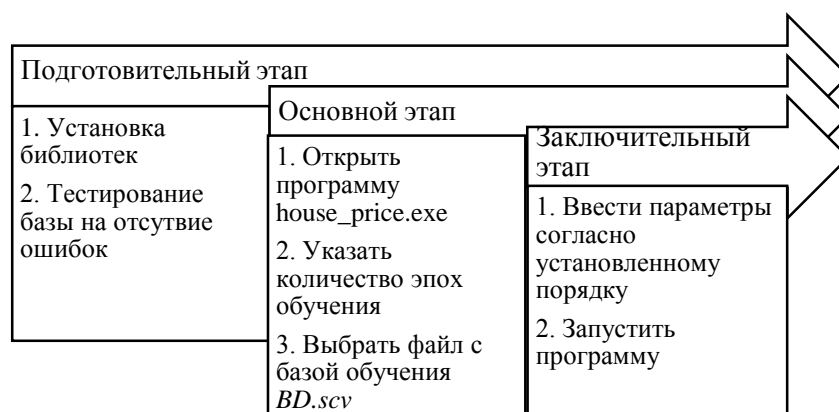


Рисунок 4 – Этапы работы с авторским программным продуктом по оценке кадастровой стоимости объектов недвижимости

Таблица 1 – Результат оценки недвижимости с помощью нейросети (пример)

Адрес	Цена на онлайн площадке размещения объявлений, тыс. руб.	Рассчитанная цена, тыс. руб.	Абсолютное отклонение, тыс. руб.	Относительное отклонение, %
A1	3000	3053	+53	+1,77
A2	2300	2332	+32	+1,39
A3	2630	2650	+20	+0,76
A4	11900	11853	-47	-0,39
A5	5350	5400	+50	+0,93
A6	2700	2673	-27	-1,00
A7	4200	4158	-42	-1,00
A8	3000	3054	+54	+1,80
A9	2620	2596	-24	-0,92
A10	1820	1871	+51	+2,80
Средняя цена	3952	3964	+12	+0,61

Таблица 2 – Результаты регрессионного анализа зависимость цены объекта от эндогенных факторов

Анализируемый фактор	R-квadrat, %	Значимость F	Переменная X
Наличие балкона	15,44	0,26	2399,52
Этажность объекта	15,77	1,50	2425,24
Материал стен	0,43	0,86	400,95
Общая площадь объекта	89,80	0,00003	113,07
Год постройки	72,48	0,002	129,24
Тип застройки	55,10	0,01	4532,86

Расчеты показали, что наибольшее влияние на стоимость объекта недвижимости оказывают общая площадь, год постройки и тип застройки, а наименьшую - этажность, материал стен и наличие балкона у объекта. Таким образом, предложен авторский алгоритм и методический подход к оценке расчета кадастровой стоимости имущества на основе нейросетевого моделирования, который позволяет получить наиболее точный и качественный результат

оценки благодаря возможности учета экзогенных и эндогенных факторов и параметров объектов.

С учетом авторского методического инструментария была спрогнозирована динамика налоговых поступлений в местный бюджет на примере Пермского края (таблица 3).

Согласно представленным расчетам можно сделать вывод, что кадастровая стоимость объектов недвижимости для целей налогообложения является недооценённой, авторский методический инструментарий продемонстрировал возможность увеличения кадастровой стоимости на 15,42%, доходной части бюджета по статье «Налог на имущество физических лиц» за 2021 г. на 3,58%.

#### Заключение

Теоретическая значимость исследования заключается в систематизации и структуризации сущности оценки стоимости недвижимого имущества. На основе анализа нормативно-правовых актов и методологических подходов ученых, предложено уточненное понятие «кадастровой стоимости объектов недвижимости физических лиц» – выполненный в соответствии с законодательством результат оценки стоимости



объектов недвижимого имущества на конкретную дату, зафиксированный в государственном реестре и используемый для целей налогообложения. Данная стоимость определяется на основе рыночных сведений, связана с экономическими характеристиками объекта, методами массовой оценки, однако при невозможности использовать эти методы она определяется индивидуально. Рыночной стоимостью признается

наиболее вероятная цена объекта, которая формируется на открытом рынке в условиях свободной конкуренции, когда участники сделки действуют в условиях информационной открытости. Она находится под влиянием разнообразных факторов социально-экономических систем разного уровня, а также состояния самого объекта.

Таблица 3 – Расчет налога на имущество физических лиц (пример), тыс. руб.

Адрес		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Площадь, кв.м.		55,00	38,00	31,00	113,00	80,00	43,00	59,00	57,00	41,00	38,00
Кадастровая стоимость квартиры	Текущая методика	2317,00	1513,00	1672,00	5285,00	3946,00	2051,00	3435,00	2606,00	1893,00	1420,00
	Авторская методика	3053,00	2332,00	2650,00	11853,00	5400,00	2673,00	4158,00	3054,00	2596,00	1871,00
Кадастровая стоимость 1 кв.м.,	Текущая методика	42,13	39,82	53,94	46,77	49,33	47,70	58,22	45,72	46,17	37,37
	Авторская методика	55,51	61,37	85,48	104,89	67,50	62,16	70,47	53,58	63,32	49,24
Налогооблагаемая база	Текущая методика	1474,45	716,68	593,29	4349,60	2959,50	1097,05	2270,59	1691,61	969,59	672,63
	Авторская методика	1942,82	1104,63	940,32	9755,12	4050,00	1429,74	2748,51	1982,42	1329,66	886,26
Сумма налога	Текущая методика	1,47	0,72	0,59	4,35	2,96	1,10	2,27	1,69	0,97	0,67
	Авторская методика	1,94	1,10	0,94	9,76	4,05	1,43	2,75	1,98	1,33	0,89

Предложена авторская схема информационных потоков алгоритма определения кадастровой стоимости объектов недвижимости физических лиц, которая отличается от ранее известных детализацией бизнес-процессов на примере Пермского края.

Определено, что нарастание цифровизации всех сторон жизни общества обуславливает необходимость создания единой интегрированной цифровой системы мониторинга и управления объектами недвижимости, поэтому практическая значимость исследования обусловлена возможностью применения разработанного методического подхода и алгоритма на основе нейросетевого моделирования, предполагающего возможность прогнозирования стоимости объектов недвижимого имущества физических лиц. Данное исследование может быть положено в основу для разработки и корректировки управленческих решений в области кадастровой оценки исполнительными органами государственной власти.

### Литература

1. Борусяк К. К., Мунерман И. В., Чижов С. С. Нейросетевое моделирование в задаче массовой оценки нежилой недвижимости г. Москвы. / К.К. Бо-

русяк, И. В. Мунерман, С. С. Чижов. // Экономическая наука современной России. – 2009. – № 4 (47). – С. 86–98.

2. Грибовский С. В., Сивец С. А. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества. / С. В. Грибовский, С. А. Сивец. – М.: Финансы и статистика, 2014. – 368 с.

3. Кирова Е. А., Захарова А. В., Дементьева М. А. Совершенствование налогообложения недвижимого имущества физических лиц в Российской Федерации. / Е. А. Кирова, А. В. Захарова, М. А. Дементьева. // Вестник университета. – 2020. – № 1. – С. 108–113.

4. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 14.07.2022) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://consaltika.ru/>.

5. Официальный сайт Федеральной службы государственной регистрации Росреестра. // Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/activity/kadastrovaya-otsenka/rassmotrenie-sporov-o-rezultatakh-opredeleniya-kadastrovoy-stoimosti-informatsiya-odeyatelnosti-komissiy-po-rassmotreniyu-sporov-o-rezultatakh-opredeleniya-kadastrovoy-Prkaz-MinEkonOmrzvtvya-Rossii-ot-22.10.2010-N-508-\(red.-ot-22.06.2015\)-Ob-utverzhdenii-Federalnogo-standarta-otsenki-Opredelenie-kadastrovoy-stoimosti-\(FCO-N-4\)-\[Elektronnyy-resurs\]-//Rezhim-dostupa:https://consaltika.ru/](https://rosreestr.gov.ru/activity/kadastrovaya-otsenka/rassmotrenie-sporov-o-rezultatakh-opredeleniya-kadastrovoy-stoimosti-informatsiya-odeyatelnosti-komissiy-po-rassmotreniyu-sporov-o-rezultatakh-opredeleniya-kadastrovoy-Prkaz-MinEkonOmrzvtvya-Rossii-ot-22.10.2010-N-508-(red.-ot-22.06.2015)-Ob-utverzhdenii-Federalnogo-standarta-otsenki-Opredelenie-kadastrovoy-stoimosti-(FCO-N-4)-[Elektronnyy-resurs]-//Rezhim-dostupa:https://consaltika.ru/).

6. Приказ Минэкономразвития России от 20.05.2015 N 298 "Об утверждении Федерального стандарта оценки "Цель оценки и виды стоимости (FCO N 2)" [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://consaltika.ru/>.

7. Приказ Минэкономразвития России от 25.09.2014 N 611 (ред. от 14.04.2022) "Об утверждении Федерального стандарта оценки "Оценка недвижимости (ФСО N 7)" [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://consaltika.ru/>.
8. Приказ Росреестра от 04.08.2021 N П/0336 "Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке" (Зарегистрировано в Минюсте России 17.12.2021 N 66421) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://consaltika.ru/>.
9. Современные тенденции рынка и оценка рыночной стоимости / под ред. Н.Ю. Пузыня. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2020. – 250 с.
10. Федеральный закон от 03.07.2016 N 237-ФЗ (ред. от 30.12.2021) "О государственной кадастровой оценке" [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://consaltika.ru/>.
11. Ясницкий, В.Л., Массовая оценка и сценарное прогнозирование рыночной стоимости городской недвижимости на основе технологий нейросетевого моделирования : монография / В.Л. Ясницкий, А.О. Алексеев, Л.Н. Ясницкий. — Москва : Русайнс, 2019. — 111 с.

УДК 338.46

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕНЗОРА КАЧЕСТВА

Л.В. Виноградов<sup>1</sup>, А.Д. Колбина<sup>2</sup>, В.С. Бурылов<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>*Санкт-Петербургский государственный экономический университет,  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30–32, литер А;*

<sup>3</sup>*Северо-Западный институт управления российской академии народного хозяйства  
и государственной службы,  
Россия, 199178, Санкт-Петербург, В.О., Средний пр. В.О., д. 57/43*

В работе описывается разработка методики оптимизация качества процесса очистки воды за счет использования цифровых технологий с помощью методов тензорного исчисления, дробного факторного планирования, статистического моделирования, искусственной нейронной сети. Этапы работы: сбор данных для процесса очистки воды; построение нейронной сети для каждой линии изучаемого процесса; разработка и внедрение кода для оптимизации процесса. Результаты проведенного исследования могут быть реализованы на реальном технологическом процессе по очистке воды.

*Ключевые слова:* процесс очистки воды, искусственные нейронные сети, регрессионный анализ, дробное факторное планирование, тензор качества.

### USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS FOR MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF THE QUALITY TENSOR

Vinogradov L.V., Kolbina A.D., Burylov V.S.,  
*St. Petersburg State University of Economics,*

*Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboedov Canal, d. 30–32, letter A;  
North-west Institute of Management Russian Academy of National Economy  
and public service, Russia, 199178, St. Petersburg, V.O., Sredny pr. V.O., 57/43*

The article describes the development of a methodology for optimizing the quality of the water purification process through the use of digital technologies using tensor calculus, fractional factor planning, statistical modeling, and an artificial neural network. Stages of work: collection of data for the water purification process; building a neural network for each line of the studied process; development and implementation of code to optimize the process. The results of the study can be implemented on a real technological process for water purification.

*Keywords:* purification process, artificial neural networks, regression analysis, fractional factor planning, quality tensor.

<sup>1</sup>*Виноградов Леонид Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры проектного менеджмента управления качеством, тел.: +7 (921) 369-94-67, e-mail: leonvinogradov@yandex.ru;*

<sup>2</sup>*Колбина Анастасия Денисовна – начальник отдела организации конкурсов и олимпиад обучающихся, аспирантка кафедры проектного менеджмента управления качеством, тел.: +7 (960) 064-66-23, e-mail: ad-kolbinaa@gmail.com;*

<sup>3</sup>*Бурылов Василий Сергеевич – кандидат экономических наук, заместитель декана по учебной и организационной работе, тел.: +7 (921) 943-71-00, e-mail: vassily777@yandex.ru.*

### Введение

В соответствии с концепцией 4.0 контроль качества должен быть интегрирован в цифровой производственный процесс и совместим с инструментами программного обеспечения для анализа и процесса с помощью автоматической обратной связи.

В то же время, оптимальность принимаемых решений в СМК определяется не столько стратегией интеллектуальной компьютерной поддержки, сколько адекватностью математической модели, положенной в основу цифрового производственного процесса.

Математическую модель СМК можно отнести к сложной системе и для ее построения можно использовать методику системного анализа или ее основного элемента – имитационного математического моделирования. Данная методика разработана авторами более 10 лет назад и неоднократно дополнялась и модернизировалась применительно к новым бизнес-системам. В результате применения модели в несколько раз снижались сроки разработки СМК и затраты на нее, а качество получаемой информации значительно возрастало.

Ключевой сложностью процесса является то, что количество входных управляемых и неуправляемых переменных современных бизнес-процессов составляет от нескольких десятков до сотен. Объем выходных переменных, характеризующих качество исследуемого процесса, также значительно растет, причем все они латентны и образуют тензор многомерного пространства, что вызывает необходимость при исследовании пользоваться методами тензорного анализа, разработанного для описания квантовой механики [6].

Данные методы в настоящее время хорошо изучены и при использовании дают относительно низкую погрешность.

Однако, точность определения многих из входных параметров, получаемая при технических измерениях не превышает 10-15%. А это может привести к получению неоптимальных или критически неверных решений, которые благодаря применению цифровых методик типа блокчейн будут автоматически поступать в качестве управляющих команд и могут привести к негативным последствиям [7].

В связи с этим необходима тщательная предварительная статистическая обработка входных данных, особенно учитывая, что большинство из них имеет вероятностный характер.

Для оценки качества входных данных обязательно применение параметрических и не параметрических критериев типа хи-квадрат и

Манна -Уитни, построение доверительных областей значений критериев и т.д. [5].

Если вспомнить историю, то родоначальники теории управления качеством Шухарт и Деминг, являясь специалистами в области статистики, возлагали свои надежды на нее, как на главный инструмент в борьбе за качество [2].

В многомерных пространствах может существовать множество оптимальных решений и выбор подходящего должен всегда оставаться за специалистом. Поэтому необходимо, чтобы формализуемые процедуры, реализуемые в стратегии качество 4.0, замыкались на неформализуемые, хотя это может и тормозить по быстродействию процесс управления. Исходя из этого нами была перестроена методика построения оптимальной системы СМК, путем усиления блока неформализуемых методов принятия решений [3]. Т.е. нужно параллельно с развитием применения методов цифровой экономики развивать методы неформализованного принятия решений (типа психологической активизации и направленного и систематизированного поиска) [4].

### Гипотеза

В ранее представлявшихся работах коллег основной упор делается на то, что критерий качества представлялся в виде вектора, проекции которого на многомерное пространство составляли те или иные подкритерии общего критерия качества. В ходе дальнейшей многокритериальной оценки, для определения оптимальных параметров процесса использовался метод построения «Медианы Кемени» с использованием предварительной оценки параметров вектора качества группой экспертов. Это не только вносило субъективизм, но и замедляет процесс принятия окончательного управляющего решения, что очень важно при автоматизации производственных процессов.

Как показали дальнейшие исследования, а также реализация данной методики на практике, многие пространственные компоненты вектора качества латентны и влияют друг на друга, поэтому было бы более правильно критерий качества представлять в виде тензора, хотя бы второго ранга. При этом при построении модели процесса помимо ранее указанных методов следует пользоваться правилами тензорного исчисления, которое на настоящий момент является основой математической базой главной науки современности – квантовой механики. Учитывая, что компоненты тензора качества обычно положительные величины и предполагая одинаковое их влияние на итоговый критерий качества, на основании теоремы Перрона о

том, что для положительных матриц существует единственное характеристическое число с наибольшей абсолютной величиной выбрать в качестве оптимального тензор качества с наибольшим собственным значением [1].

**Методы**

Вычисление главного собственного вектора  $W$  положительной матрицы  $\|y\|$  проводится на основании равенства:

$$yW = \lambda_{\max}W$$

где  $\lambda_{\max}$  – максимальное собственное значение матрицы  $\|y\|$ .

$$\lambda_{\max} = e^T \|y\| W$$

Для проведения вычислений по предлагаемой методике для обработки исходного массива статистических данных оптимизируемого процесса была разработана комплексная компьютерная программа, использующая софты планирования эксперимента и построения регрессионных нейронных сетей программного обеспечения Статистика 13 StatSoft и специально разработанную на языке Python программу перестроения вектора-столбца в квадратную матрицу и нахождения ее собственного значения. Алгоритм реализации этой методики представлен на рисунке 1.

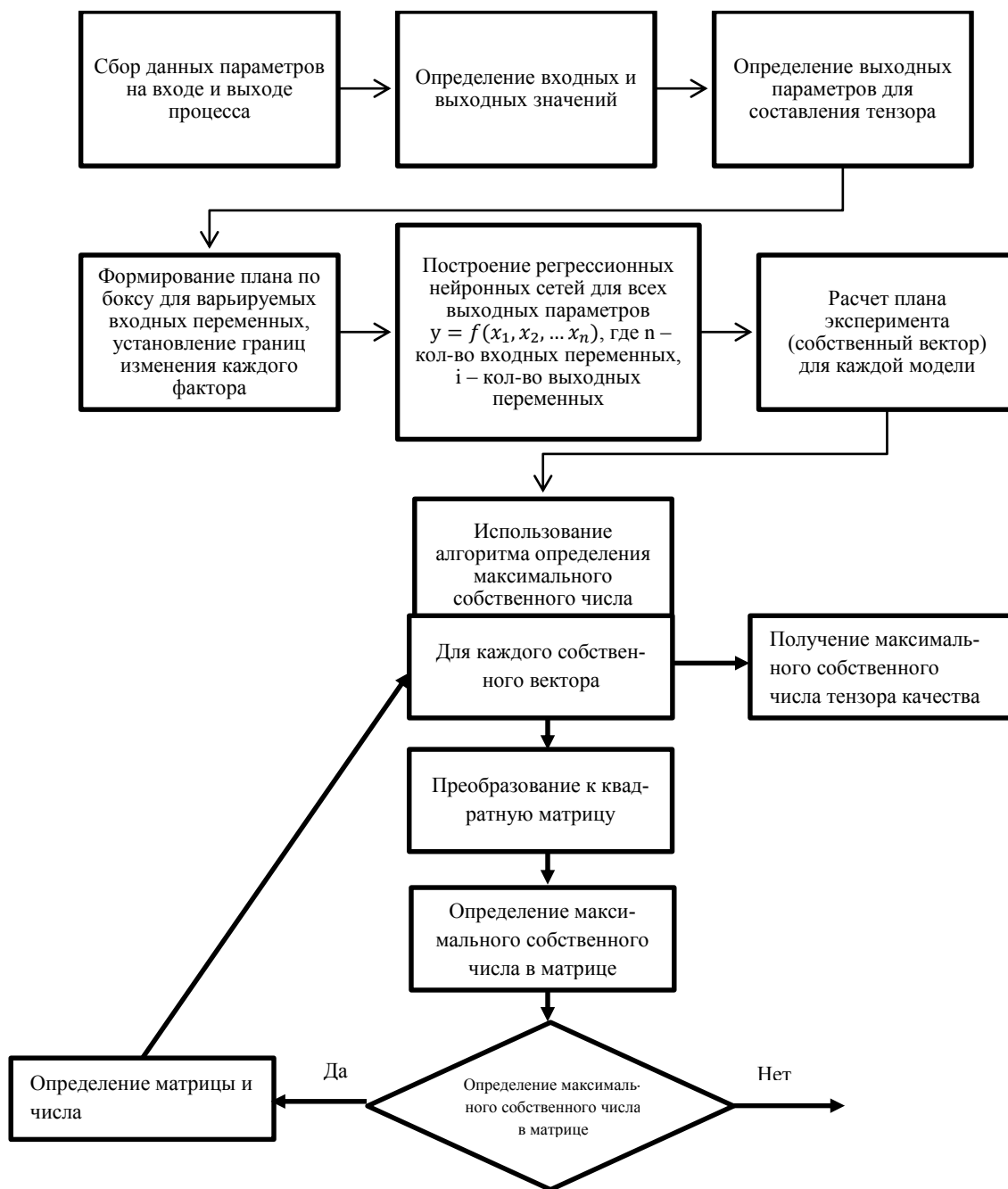


Рисунок 1 – Алгоритм методики определения оптимальных параметров тензора качества

## Результаты и обсуждение

Предлагаемая методика после теоретического обоснования была апробирована при оптимизации технологических процессов очистки питьевой воды и сточных вод предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Так при моделировании процесса очистки сточных вод было произведено разделение на зависимые и независимые переменные, входные и выходные параметрические группы

К входным параметрам технологического процесса относятся:

- $X_1$  – температура сточных вод, пришедших на очистные сооружения;
- $X_2$  – кислотность сточных вод;
- $X_3$  – концентрация сухого остатка при  $T=150^{\circ}\text{C}$ ;
- $X_4$  – концентрация БПК<sub>5</sub>;
- $X_5$  – концентрация фосфора фосфатов;
- $X_6$  – концентрация азота нитратов;
- $X_7$  – концентрация нефтепродуктов;
- $X_8$  – концентрация железа;
- $X_9$  – концентрация цинка;
- $X_{10}$  – концентрация меди;
- $X_{11}$  – концентрация марганца.

Далее, с помощью экспертов, было выяснено какие показатели являются факторами, дающими фактическое качество очистки воды (они были взяты за выходные параметры создающими тензор качества), а также влияющие

главным образом на них входные параметры на основе проведенного корреляционного анализа:

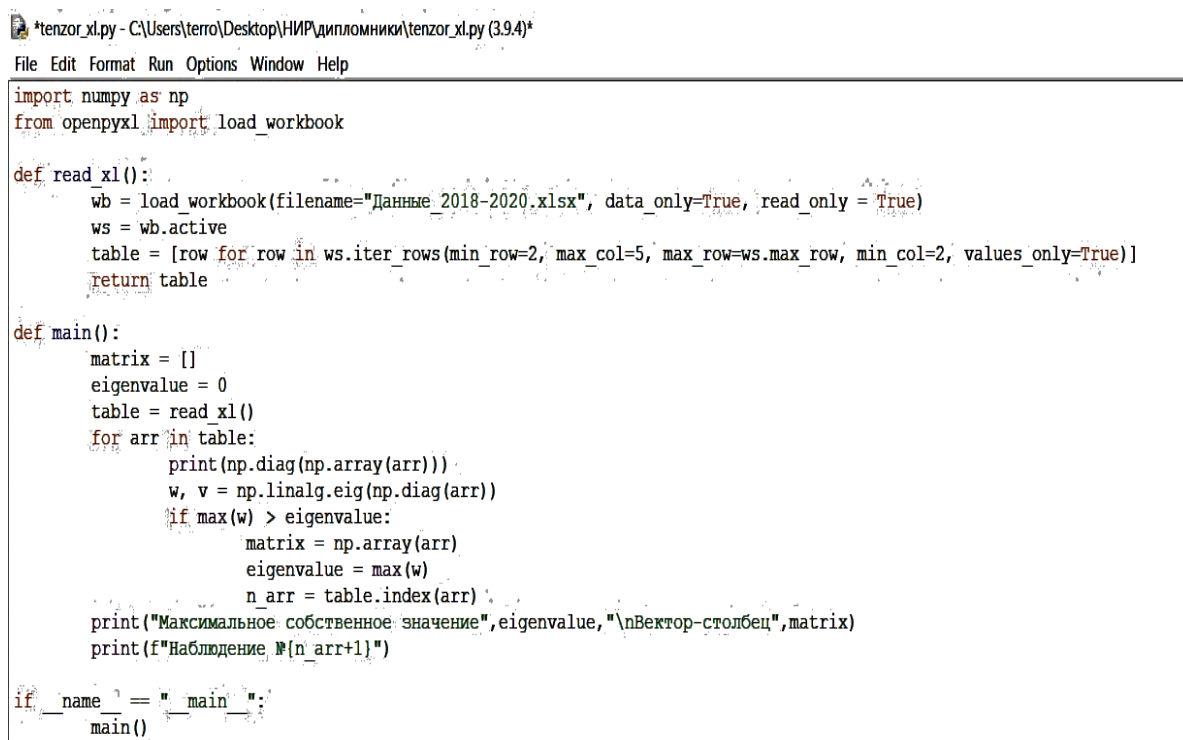
-  $Y_1$  – ХПК – (БПК) биологическое потребление кислорода (количество кислорода, израсходованное на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде. Определяет количество легкоокисляющихся органических загрязняющих веществ в воде;

- $Y_2$  –  $N_{\text{общ}}$  – азот общий;
- $Y_3$  –  $\text{NH}_4$  – азот аммонийный;
- $Y_4$  – среднесуточный расход.

Среди построенных методом обучения с учителем нейронных сетей были выбраны следующие имеющие наилучшие показатели схожести порядка 0,91...0,99:

- для  $Y_1$  выбираем MLP с архитектурой 10-10-1;
- для  $Y_2$  выбираем с архитектурой MLP 10-20-1;
- $Y_3$  с архитектурой MLP 10-10-1;
- $Y_4$  с архитектурой MLP 6-20-1.

Далее, с использованием непосредственно кода на рисунке 2, провели преобразование векторов строчки в векторы столбцов, а также вычислили оптимальный тензор качества с помощью расчета собственного числа матрицы и нахождения наибольшего среди вариантов вычислений.



```
*tenzor_xl.py - C:\Users\terro\Desktop\НИР\дипломники\tenzor_xl.py (3.9.4)*
File Edit Format Run Options Window Help

import numpy as np
from openpyxl import load_workbook

def read_xl():
    wb = load_workbook(filename="Данные_2018-2020.xlsx", data_only=True, read_only=True)
    ws = wb.active
    table = [row for row in ws.iter_rows(min_row=2, max_col=5, max_row=ws.max_row, min_col=2, values_only=True)]
    return table

def main():
    matrix = []
    eigenvalue = 0
    table = read_xl()
    for arr in table:
        print(np.diag(np.array(arr)))
        w, v = np.linalg.eig(np.diag(arr))
        if max(w) > eigenvalue:
            matrix = np.array(arr)
            eigenvalue = max(w)
            n_arr = table.index(arr)
    print("Максимальное собственное значение", eigenvalue, "\nВектор-столбец", matrix)
    print(f"Наблюдение №{n_arr+1}")

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Рисунок 2 – Код определения наилучшего тензора качества на языке Python

В коде задействовано два важных структурных элемента:

- `orenpuxl` элемент кода, позволяющий взаимодействовать с различной библиотекой (в нашем случае это файл Excel Данные 2018-2020.exl);

- `numru` элемент для проведения расчетов.

Вычисления сводятся к тому, что код, анализируя квадратные матрицы, полученные после расчета нейронными сетями базы данных, показал значение максимального собственного значения у тензора со следующими значениями компонент тензора качества, представленными на рисунке 3:

	Y1	Y2	Y3	Y4
Опыт 36	1061,57	30,077	35,152	266,243

Рисунок 3 – Оптимальный тензор качества

Данный результат обеспечивают следующие значения входных переменных:

-  $X_1$  – показатель температуры сточных вод, пришедших на очистные сооружения - 15,9;

-  $X_2$  – показатель кислотности сточных вод – 6,8;

-  $X_3$  – показатель концентрации сухого остатка при  $T=150^{\circ}\text{C}$  – 1;

-  $X_4$  – показатель концентрации БПК<sub>5</sub> – 465;

-  $X_5$  – показатель концентрации фосфора фосфатов - 4,5;

-  $X_6$  – показатель концентрации азота нитратов – 0,14;

-  $X_7$  – показатель концентрации нефтепродуктов - 0,7;

-  $X_8$  – показатель концентрации железа – 3,1;

-  $X_9$  – показатель концентрации цинка – 0,5;

-  $X_{10}$  – показатель концентрации меди – 0,06;

-  $X_{11}$  – показатель концентрации марганца – 0,33.

По данной схеме был произведен анализ параметров, обеспечивающих наилучшее качество очистки питьевой воды. За выходной параметр была принята осветление воды после каждой из четырех очистительных линий ( $Y_1 \dots Y_4$ ). Затем для каждой линии выбираем сеть с наилучшей производительностью.

Для  $Y_1$  была выбрана нейронная сеть MLP 7-14-1. На рисунке 4 представлены ее основные характеристики.

N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. производительность.	Тест. производительность.	Ошибка обучения
51	MLP 7-14-1	0.786763	0.909004	0.695171	0.210502

Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив. скрытых нейр.	Ф-я актив. выходных нейр.
0.073254	0.186393	BFGS 29	Сум. квадр.	Гиперболическая	Экспонента

Рисунок 4 – Нейронная сеть для  $Y_1$

Для  $Y_2$  была выбрана нейронная сеть MLP 7-17-1.

Для  $Y_3$  была выбрана нейронная сеть MLP 7-12-1.

Для  $Y_4$  четвертой линии была выбрана нейронная сеть MLP 7-14-1.

Код нашел вектор с максимальным собственным числом, равным 7.915387038150621 и определил номера опыта, соответствующего этому вектора. На рисунке 5 представлены данные опыта 43.

	y1	y2	y3	y4
Опыт 43	0,2154	0,473219	1,714161	0,727356

Рисунок 5 – Оптимальные входные параметры

Исходя из предсказанных значений для каждой линии были определены соответствующие полученному опыту 43 значения.

Для первой линии, где выходной параметр «мутность после осветления воды» равен 0,2154, имеем следующие входные параметры:

- цветность ( $X_1$ ) – 30;
- мутность сырой воды ( $X_2$ ) – 1,8;
- окисляемость ( $X_3$ ) – 7,8;
- расход воды ( $X_4$ ) – 68048;
- доза коагулянта ( $X_5$ ) – 6,7034;
- доза флокулянта ( $X_6$ ) – 0,1499;
- температура сырой воды ( $X_7$ ) – 17,33.

Для второй линии, где выходной параметр «мутность после осветления воды» равен 0,473219, имеем следующие входные параметры:

- $X_1$  – 31;
- $X_2$  – 1,7;
- $X_3$  – 8,51;
- $X_4$  – 60789;
- $X_5$  – 6,6097;
- $X_6$  – 0,150084;
- $X_7$  – 18,1.

Для третьей линии, где выходной параметр «мутность после осветления воды» равен 1,714161, имеем следующие входные параметры:

- $X_1$  – 40;
- $X_2$  – 0,5;
- $X_3$  – 9,86;

- $X_4 - 55491$ ;
- $X_5 - 7,3187$ ;
- $X_6 - 0,2128$ ;
- $X_7 - 0,6$ .

Для четвертой линии, где выходной параметр «мутность после осветления воды» равен 0,727356, имеем следующие входные параметры:

- $X_1 - 40$ ;
- $X_2 - 1,3$ ;
- $X_3 - 8,99$ ;
- $X_4 - 56684$ ;
- $X_5 - 6,6737$ ;
- $X_6 - 0,1399$ ;
- $X_7 - 9,6$ .

В результате – нейронная сеть показывает нам оптимальные значения параметров для процесса осветления воды.

Таким образом, подводя итог проделанного внедрения методики применения цифровых методов оптимизации качества, выпускаемой предприятием продукции, стоит отметить, что данная система автоматизации позволит улучшить работу отделов, отвечающих за контроль и соблюдение количества физико-химических реагентов, попадающей на зону очистки воды. Внедрение разработанной технологии, основанной на построении нейронной сети и использовании методик тензорного исчисления дробного факторного планирования за счет автоматизации процесса осветления воды позволит продлить срок службы оборудования Предприятия, за счет снижения загрязнения и оптимизации всего процесса. Эта технология актуальна для всех процессов. Также поможет наладить непрерывный режим работы очистных сооружений Водоканала, вести оперативный контроль. Также улучшится экологическая ситуация, так как автоматизированная система позволит предугадывать и решать возможные угрозы для окружающей среды.

Экономический эффект достигается за счет следующих пунктов:

- автоматизация за счет обученной нейронной сети позволит грамотно и экономично использовать ресурсы (различные химические реагенты, устройства и ресурсы для их обеспечения), что позволит сэкономить, так как Предприятие не будет использовать лишнее;
- сокращение технологии вследствие того, что автоматизированная система будет выполнять их функции.

Подводя итоги, важно сказать, что данная работа и технология является огромным вкладом не только в население Санкт-Петербурга, но и во все человечество. Ведь данная технология способна оптимизировать очистку питьевой воды, что предотвратит появление в ней различных угроз для жизнедеятельности людей.

Данная методика позволит обезопасить водные просторы Финского залива, Балтийского моря от сточных вод, появляющихся в естественных водоемах, от субъективных факторов, а также человеческого фактора.

### Литература

1. Бурьлов, В. С. Оптимизация тензора качества процессов / В. С. Бурьлов, Л. В. Виноградов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2019. – № 12(130). – С. 14. – EDN UKPWKO.
2. Виноградов, Л.В. Средства и методы управления качеством [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л.В.Виноградов, В.П.Семенов ; СПбГИЭУ. Санкт-Петербург: СПбГИЭУ, 2010. 148 с. ISBN 978-5-9978-0047-5.
3. Виноградов, Л.В. Экономико-математические методы управления качеством [Электронный ресурс]: монография / Л.В.Виноградов, В.П.Семенов, В.С.Бурьлов; СПбГИЭУ. Санкт-Петербург: СПбГИЭУ, 2011. 300 с. ISBN 978-5-9978-0291-2.
4. Гук В.Ф., Сиончук А.В. Совершенствование методики построения оптимальной системы качества – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2020. - С. 1-3.
5. Использование математического моделирования при создании систем менеджмента качества: учебное пособие / Л.В.Виноградов, Т.И.Леонова, А.Г.Жукова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Санкт-Петербургский гос. экономический ун-т, Кафедра экономики и упр. Качеством. Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,86 МБ) Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2017.
6. Трясучёв В.А. Лекции по основам квантовой механики для студентов технических вузов: учебное пособие / В.А. Трясучёв, Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010 – 116 с.
7. Ямщиков Р.В., Ямщикова Н.В., Заколдаев Д.А. Технология блокчейн в России: достижения и проблемы // Вестник Московского государственного областного университета (электронный журнал). 2018. № 2. -С.34-45.

## ИНДУСТРИЯ 5.0: НЕЙРО-ЦИФРОВОЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ

А.В. Бабкин<sup>1</sup>, С.И. Корягин<sup>2</sup>, И.В. Либерман<sup>3</sup>, П.М. Клачек<sup>4</sup>, А.А.Богданова<sup>5</sup>,  
Н.Х. Сагателян<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Россия, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29;*  
<sup>2,3,4,5,6</sup>*Балтийский федеральный университет им.И.Канта,  
Россия, 236041, г. Калининград, ул. А.Невского, 14.*

В статье представлены концептуальные основы интегрированной модели глобальной трансформации общества на основе движения к нообществу и нейросфере, которая может стать основой для создания кибер-социальных экосистем Индустрии 5.0 нового поколения, основанных на основе применения принципов стратегирования мышления и понятия когнитивной гиперциклической самоорганизации. Разработана методологическая триада проектирования нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0, включающую понятие задачи-системы, когнитивного фрейма и интеллектуальных маркеров. Представлен нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0. на основе коллективного интеллекта.

*Ключевые слова:* цифровая экономика, цифровая трансформация, теория стратегирования, искусственный интеллект, киберсоциальная система, Индустрия 5.0, нейросфера.

### INDUSTRY 5.0: A NEURO-DIGITAL TOOL FOR STRATEGIC GOAL-SETTING AND PLANNING

A.V. Babkin, S.I. Koryagin, I.V. Liberman, P.M. Klachek, A.A. Bogdanova, N.H. Saghatelyan  
*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,  
Russia, 195251, St.Petersburg, Polytechnicheskaya, 29;*  
*I.Kant Baltic Federal University, Russia, 236016, Kaliningrad, A.Nevsky str., 14.*

The article presents the conceptual foundations of an integrated model of the global transformation of society based on movement towards a noosociety and neurosphere, which can become the basis for creating a new generation of cyber-social ecosystems of Industry 5.0, based on the principles of strategizing thinking and the concept of cognitive hypercyclic self-organization. A methodological triad of designing neuro-digital tools for strategic goal-setting and planning of Industry 5.0 has been developed, including the concept of a task-system, a cognitive frame and intellectual markers. The neuro-digital toolkit of strategic goal-setting and planning of Industry 5.0 based on collective intelligence is presented.

*Keywords:* digital economy, digital transformation, strategy theory, artificial intelligence, cybersocial system, Industry 5.0, neurosphere.

#### Введение

В работе [1] отмечается "Одной из центральной тем для обсуждений на уровне глобального бизнес-сообщества уже несколько лет являются цели устойчивого развития (ЦУР). Все большее количество компаний становятся примерами Целей и пытаются вносить свой

вклад в устойчивое развитие, внедряя определенные решения в свои реальные бизнес-процессы", а также приводятся следующие аналитические данные "В 2018 году компания PricewaterhouseCoopers провела исследование «От слов к делу: Насколько цели в области устойчивого развития актуальны для бизнеса?».

<sup>1</sup>*Бабкин Александр Васильевич – доктор экон. наук, профессор, профессор Высшей инженерно-экономической школы, e-mail: al-vas@mail.ru;*

<sup>2</sup>*Корягин Сергей Иванович – доктор техн. наук, профессор, советник руководителя ОНК «Институт высоких технологий» по взаимодействию с промышленными партнерами, тел.: +7 905 240 4343, e-mail: SKoryagin@kantiana.ru;*

<sup>3</sup>*Либерман Ирина Владимировна – кандидат физ.-мат. наук, доцент, директор Высшей школы физических проблем и технологий, тел.: +7 906 213 1622, e-mail: ILiberman@kantiana.ru;*

<sup>4</sup>*Клачек Павел Михайлович – кандидат техн. наук, доцент ОНК «Институт высоких технологий», тел.: +7 911 451 9275, e-mail: pklachek@mail.ru;*

<sup>5</sup>*Богданова Анна Андреевна – руководитель образовательных программ ОНК «Институт высоких технологий», e-mail: AABogdanova1@kantiana.ru;*

<sup>6</sup>*Сагателян Нарине Хореновна – руководитель образовательных программ ОНК «Институт высоких технологий», e-mail: NaSagatelyan@kantiana.ru.*



Результаты исследования говорят о том, что 72% компаний по миру упоминали ЦУР в своей отчетности, в России данный показатель составил 43%".

В работе [1] представлено системное рассмотрение понятия и основных теоретических положений и прикладных инструментариев в области ЦУР "Что же такое цели устойчивого развития? 17 целей в области устойчивого развития – это грандиозный план человечества по созданию лучшего мира: в сентябре 2015 года 193 страны утвердили 17 основных целей и 169 подцелей на Генеральной Ассамблее ООН". В работе [2] представлен анализ проблем при внедрении ЦУР в бизнес-среду современных, в том числе высокотехнологичных компаний, а также представлено обоснование необходимости создания индивидуальных инструментариев внедрения ЦУР на основе современных экосистемных подходов [3,4,5,6,7].

Исследования авторов, проведенные на основе работы [1], а также на основе работ [8,9], показывают, что внедрении ЦУР в бизнес-среду компаний Индустрии 5.0. возможно на основе создания новых типов киберсоциальных экосистем НИО.2 [10,11,12] и производных от них нейро-цифровых, интеллектуальных и т.д. экосистем (рис. 2).

В работе профессора А. В. Бабкина и Л. В.Ташеновой [12] впервые в мировой научной практике представлены специфические особенности функционирования киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0. (рис. 1). а также представлены шесть вспомогательных технологий, которые будут играть важную роль в процессе перехода производств на новый технологический уклад Индустрии 5.0: "1. индивидуализированные технологии, объединяющие возможности и способности людей и машин; 2. использование биотехнологий и «умных» приборов со встроенными датчиками, которые могут быть в последующем подвергнуты переработке, тем самым в значительной мере сохраняя окружающую среду, учитывая объемы отходов технологических производств; 3. активное применение цифровых двойников и систем моделирования не только отдельно взятых объектов и явлений, но и целых производственных систем и процессов; 4. сбора, передачи и обработки данных, в том числе Big Data и Blockchain; 5. искусственного интеллекта, в том числе для изучения причинно-следственных связей, возникающих, к примеру, в сложных динамических системах; 6. энергоэффективности, возобновляемых источников энергии и новых способов хранения сырья и ресурсов [12]".

Также в работе [12] утверждается, что создание новых типов киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0. важно осуществлять в рамках эволюционного развития разнообразных ин-

тегрированных интеллектуальных производственных систем (с позиции институционального подхода) Индустрии 4.0. Данное утверждение согласуется с исследованиями, представленными в расширенном отчете компании IBM [13], а также в работах [14,15,16,17,18,19,20], посвященных мировому развитию Индустрии 4.0 и когнитивного производства.

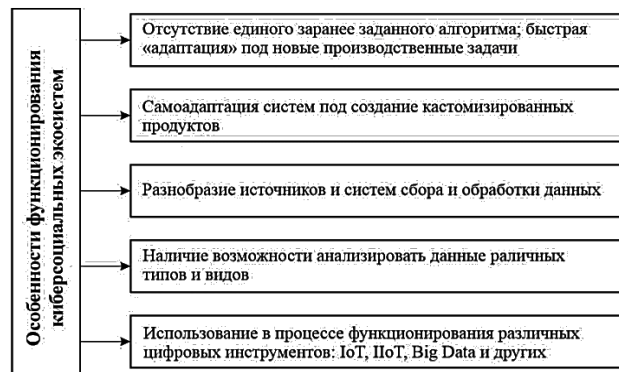


Рисунок 1 – Специфические особенности функционирования киберсоциальных экосистем [12]

В расширенном отчете компании IBM [13] представлен комплекс подрывных технологий и прикладных инструментариев Индустрии 4.0 и большой спектр прикладных примеров, являющихся основой для создания новых типов киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0., на основе эволюционного развития современных интегрированных интеллектуальных производственных систем Индустрии 4.0. В частности, исследуются принципиально новые подходы и концепции Индустрии 4.0 [13]: "«Цифровая цепочка выполняемых задач» (Digital Thread), призванная гарантировать эффективное прохождение информации на всем протяжении от проектирования продукта до его вывода из эксплуатации и переработки, «Цифровой двойник» (Digital Twin), обеспечивающая преобразование разрозненных элементов данных в согласованные и нематериальные активы, и «Киберфизическая система» (Cyber Physical System), лежащая в основе децентрализованных самоуправляемых систем и процессов" - представляющие основу когнитивного производства, как эволюционной основы новых типов киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0. Также в работах [21,22,23,24,25] представлен комплекс новых «подрывных» и знаниеинтенсивных технологий [13]: "облака, большие данные, блокчейн, интернет вещей, расширенная аналитика с машинным обучением и искусственным интеллектом, взаимодействие «человек-машина» на основе мобильных и носимых устройств, дополненная/виртуальная реальность, когнитивный интерфейс «человек-машина», преобразование из цифрового в физическое представление с помощью передовой робототехники или 3D-печати",

– как основы создания конвергенции операционных технологий (ОТ) и информационных технологий (ИТ), в процессе эволюционного развития когнитивного производства Индустрии 5.0.

На основе большого количества прикладных примеров внедрения, прорывных концепций и технологий Индустрии 4.0, в расширенном отчете IBM [13], сформулирован комплекс проблем проектирования планов эволюционного развития предприятий Индустрии 4.0., а также разработан промышленный проектный подход и целевая модель проектирования цифровых предприятий Индустрии 4.0. (Digital Factory Industry 4.0), являющихся в соответствии с [5,11] разновидностью интеллектуальных экосистем, и создаваемых на их основе новых типов кибер-социальных экосистем Индустрии 5.0.

Как показали результаты исследований авторов [3,5,11], и как точно отмечено в работе академика РАН В. Л. Квинта и профессора С. Д. Бодрунова [10] "Стратегия ведет компанию, правительство или любой объект стратегирования из прошлого в будущее, основываясь на прогнозах, предвидении и стратегировании, обеспечивая реагирование на новые возможности успеха и использование их; указывая на потенциальные и слабо известные вызовы и преграды будущего, по возможности избегая последних основная проблема применения на практике, перспективных подходов и методов" -

промышленный проектный подход IBM и аналогичные методики [13] проектирования планов эволюционного развития предприятий Индустрии 4.0. и создаваемые на их основе первые версии новых типов киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0., не могут эффективно реализоваться без создания универсальных инструментариев стратегического целеполагания и планирования [10,25]. Данное положение нашло свое подтверждение также в работах [26,27,28,29], в которых исследуются этапы поступательного движения для перехода от Четвертой промышленной революции к Пятой – «Индустрии 5.0».

В работе [30] рассмотрена (рис. 2), модель инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0., основанная на мети системной интеграции [3]: нейро-экосистемной модели концепции Индустрия 5.0 [3]; модели взаимосвязи процессов предвидения, прогнозирования, стратегирования и планирования [10,31]; модели нового индустриального общества второго поколения [10], - позволяющая "сформировать перспективные системы управления развитием предприятий, производств и сфер промышленности Индустрии 5.0., адаптированные к условиям нейро-цифровой реиндустриализации и трансформации [7], отличающихся учетом полисубъектности и многоуровневого характера управления развитием на основе знание интенсивных технологий [10]".

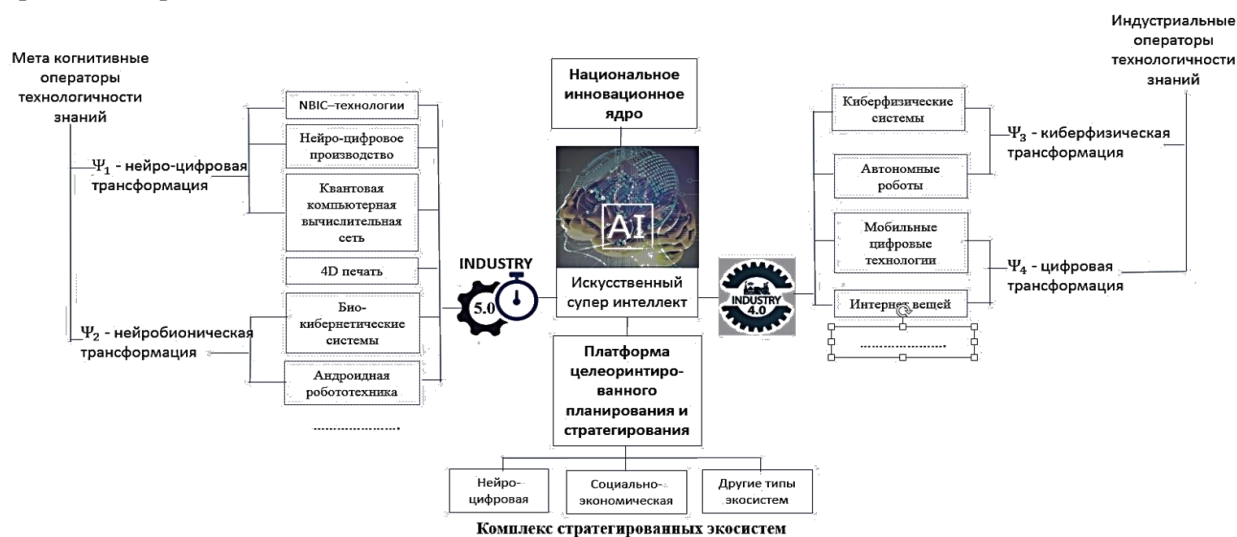


Рисунок 2 – Модель инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0. [30]

В работе [10] представлена схема отношения людей в процессе регулирования ноопроизводства (рис. 3, нижняя часть рисунка), которая определяет начало "качественных изменений в содержании производства, потребностях, ценностях мотивации человеческого поведения и, естественно, социально-экономических отношениях и институтах [10]". Развитие схемы отношений людей в процессе регулирования ноопро-

изводства, предложенной в работе [10], на основе модели инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0. позволило сформулировать интегрированную модель глобальной трансформации общества, которая определяет вектора стратегии общественного развития на основе движения к ноообществу и нейросфере (рис. 3).

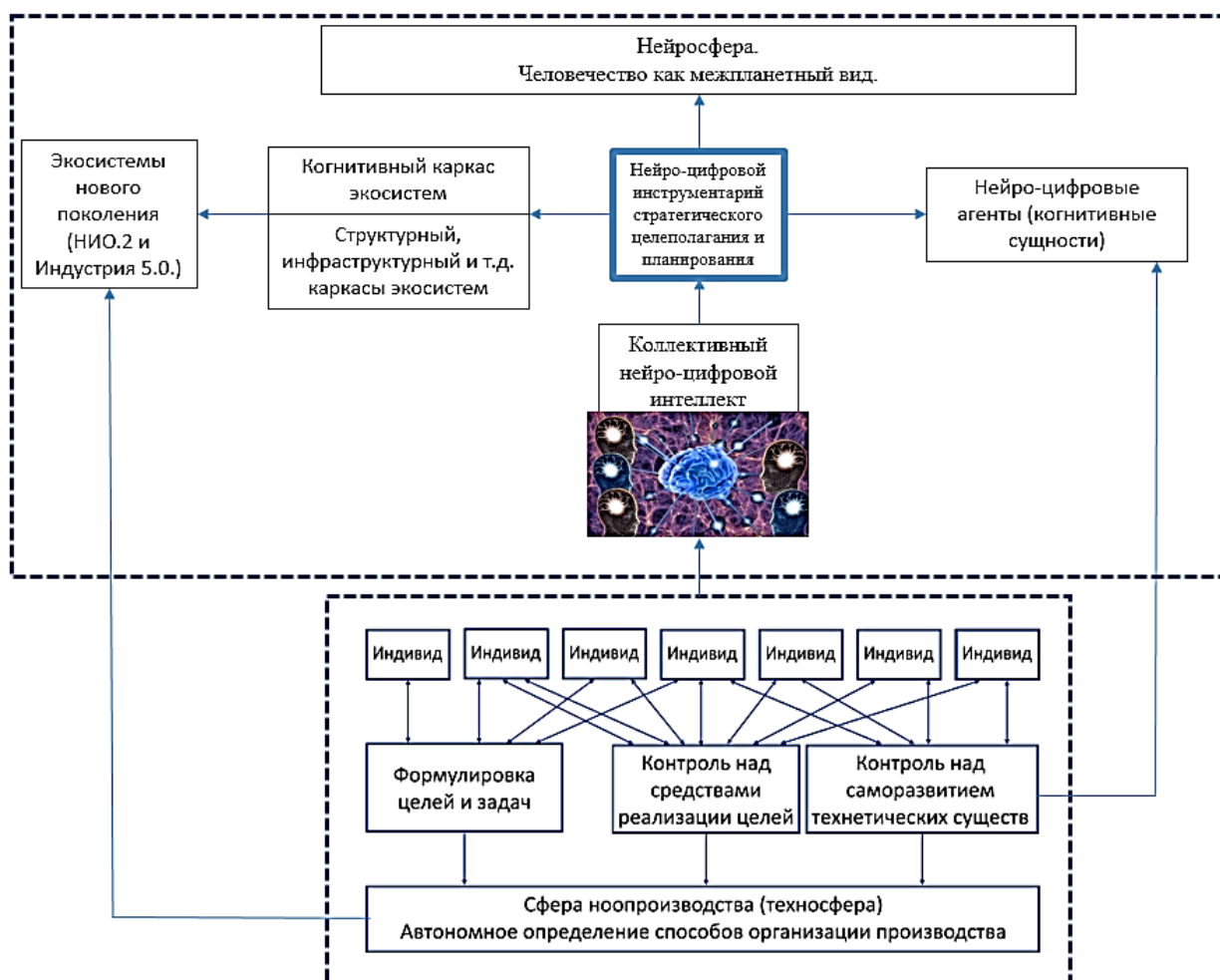


Рисунок 3 – Интегрированная модель глобальной трансформации общества на основе движения к нообществу и нейросфере

Авторы статьи хотят обратить особое внимание читателей, на следующую формулировку, имеющую непосредственное отношение к рис.3, представленную в работе [10] "Ноопроизводство, будучи отделено от человека, от общества, по своим целям и задачам останется подчиненным обществу. «Именно сфера целеполагания, формулировка целей и задач, контроль над допустимыми средствами их реализации в техносфере – все это останется в сфере отношений человеческого общества. Автономные техносущности, технетические существа, функционирующие в сфере ноопроизводства и способные к саморазвитию, будут зависимы от человеческого общества, определяющего ограничения их саморазвития, блокируя направления, не несущие пользу обществу, и ориентируя функционирование и развитие ноопроизводства в направлениях, необходимых человеку для его собственного развития»". По сути, данная формулировка, наделенная даром предвиденья будущего человечества, является фундаментальной основой, предложенной в работе [30], нейро-экосистемной модели концепции Инду-

стрии 5.0, позволяющей объединить человеческий и машинный интеллект для создания коллективного суперинтеллекта, являясь источником гармоничного, технологического развития человеческой цивилизации. На рис. 3. представлено авторское видение развития схемы отношения людей в процессе регулирования ноопроизводства (рис. 3), на основе идей и подход, изложенных в работе [10] "объединения усилий авторов концепций стратегирования (В. Л. Квинт), ноономики (С. Д. Бодрунов) и концепции Индустрии 5.0 (авторский коллектив статьи), способного обеспечить магистральные направления технологических изменений, на основе применения знание-интенсивных технологий и стратегированных экосистем новой формации [10]". Основу, представленной на рис. 3 интегрированной модели глобальной трансформации общества, составляет идея "стратегирования мышления", суть которой основана на следующем положении, представленном в работе [10] «Теория ноономики содержит представление, как минимум, о трех последовательных рубежах реальности будущего, только ближайший из которых в

какой-то мере отражается в обыденном сознании – в значительной мере как нечто труднореализуемое. Речь, например, может идти об использовании идей ноономики в процессах реиндустриализации на основе новейших технологий, затем – о построении целостного НИО.2 и, наконец, – о выходе из экономической реальности в реальность ноономики. Этих реальностей еще не существует, но движение к ним заложено в противоречиях настоящего. "Ведь большинство обладает коллективным знанием, но ему не хватает умения и дальновидности сепарировать, извлекать «алмазы» – правдивую и дальновидную стратегию будущего из тонн пустой породы примитивных представлений о путях к будущим успехам и неожиданным для конкурентов победам". Именно с данной проблемой, умением сепарировать, извлекать «алмазы» в виде знаниеинтенсивность технологий [10], столкнулись, например, специалисты компании SpaceX, на этапе создания первых прототипов по известному проекту Starship. И как будет продемонстрировано в разделе апробация, применение, революционных подходов и инструментариев стратегического мышления, предложенных в работе [3], и дополненных авторскими идеями на основе методов и положений концепции Индустрии 5.0.[5], привели к созданию принципиально новых "подрывных [13]" технологий: мета когнитивной среды моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0 и системы "глобального архитектурного мышления" компании SpaceX, – которые возможно позволят обеспечить межгалактические полеты и сделать человечества межпланетным видом.

Вернемся к рисунку 3. Центральным, системно-целевым элементом, представленной на рис. 3. интегрированной модели глобальной трансформации общества, которая может стать основой для создания кибер-социальных экосистем Индустрии 5.0 [5], является коллективный интеллект [32, 33]. В рамках данной работы авторы представят нейро-цифровую модель коллективного интеллекта, на основе применения принципов стратегирования мышления и понятия когнитивной гиперциклической самоорганизации. В настоящее время на базе ряда ведущих мировых корпораций происходит активное создание и тестовое внедрение принципиально новых типов киберсоциальных экосистем Индустрии 5.0. [34]. Например, создаваемая под личным руководством Илона Маска нейро-цифровая, промышленная экосистема Cyber-TeslaMotors, предназначенная для производства электромобилей, а в последствии космической техники (проект Starship) и других сложных технических изделий, в рамках которой конструирование, проектирование и непосредственно управление производством, например, промышленными роботехническими комплексами при

сборе электромобилей, будет осуществляться на основе нейросетевых, нейрокомпьютерных интерфейсов (названных "нейронными киберпанками" т.е. систем искусственного интеллекта, взаимодействующих напрямую с мозгом человека), в результате чего будет создана промышленная, по сути киберсоциальная нейросеть (или "нейронное кружево", термин лично сформулированный Илоном Маском), которая позволит на принципиально новом, киберсоциальном, уровне задействовать биологические (интеллектуальные) возможности человека и нейро-цифровые возможности искусственного интеллекта, позволяя, в том числе стимулировать творческие процессы, процессы "прямого когнитивного" взаимодействие между специалистами различных уровней, создание коллективного кибер сознания и интеллекта.

Еще один показательный пример, корпорация Kia Motors Corporation, в настоящее время уже запустила в тестовую эксплуатацию интеллектуальную экосистему, предназначенную для конструирования и производства автомобилей Kia нового поколения на основе технологии нейро-цифровой виртуальной реальности. Данная интеллектуальная экосистема, позволит коллективам дизайнеров, конструкторов и инженеров, на основе кибер-промышленной экосистемы, обеспечивающей нейро-цифровое взаимодействие между распределенным искусственным интеллектом и специалистами всех филиалов компании, по всему миру, проводить комплекс проектно-конструкторских работ, контролировать все производственные процессы и промежуточные результаты, связанные с разработкой и производством новых моделей автомобилей Kia.

Прикладные исследования авторов, в частности по проекту Starship компании SpaceX, показали, что основная проблема, связанная с созданием принципиально новых подрывных и знаниеинтенсивных технологий, и построенных на их основе нейро-цифровых (киберсоциальных) экосистем нового поколения Индустрии 5.0 (рис.2), с которой столкнулись, в том числе и в компании SpaceX и в корпорации KIA, связана с проблемой стратегирования мышления, проще говоря возможностью научить коллективный интеллект стратегическому мышлению, как сказано в работе [10] «Профессиональный стратег ищет и обосновывает новые стратегические перспективы, секционировать приоритеты и разрабатывает сценарии в условиях, когда прошлое лишь частично экстраполируется в будущее, «настоящее» не существует, а будущие социальные процессы и экономические агенты остаются в значительной степени неизвестными, даже для стратегов, обладающих долгосрочным видением». Для решения проблемы, на основе системно-целевой методологии целедостижения и

целеполагания, представленной в работах [3,4], в рамках данной статьи, авторами предложена нейро-цифровая парадигма, а также сформулированы принцип стратегирования мышления коллективного интеллекта и предложен методологический базис, лежащий в основе проектирования нейро-цифровых инструментариев стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0.

В работе [11] представлены методологические и прикладные основы создания инстру-

ментария стратегического целеполагания и планирования, а также на рис. 4 (справа [11]) представлена обобщенная модель формирования стратегии, центральными элементами которой являются: целеполагание, определение задач и выбор перспективного сценария. На рис.3 слева, представлено развитие обобщенной модели формирования стратегии, на основе методологического базиса нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0.

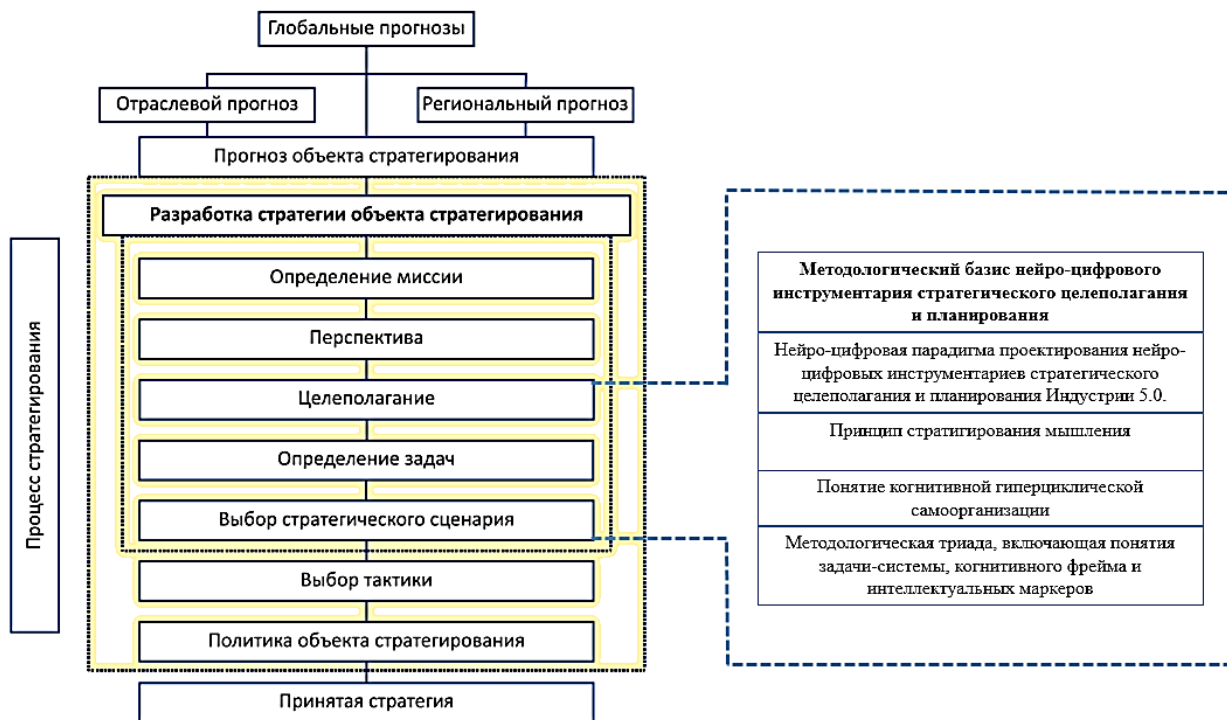


Рисунок 4 – Формирование стратегии

Пятнадцать лет назад в своей работе [35] член-корреспондент РАН Г. Б. Клейнер представил, идеальную, по мнению авторов, формулировку понятия стратегии Индустрии 5.0 «В условиях расширения и развития экономики знаний успех стратегии будет достигаться лишь тогда, когда создателю стратегии удастся настроить свою душу в резонанс с "душой" предприятия, свои мысли – с обобщенным "мозгом" предприятия, а свои ощущения – с сигналами внешней социально-экономической среды. Вот почему каждая эффективная (т.е. в каком-то смысле правильная) стратегия должна содержать результат открытия, озарения, а не только применения готовых моделей, правил и процедур».

С другой стороны, в работе [10] приведены фундаментальные правила стратегирования, характерные для большого класса стратегизируемых объектов Индустрии 5.0 (технических и технологических объектов, когнитивного производства, экосистем и т.д.):

«Правило 1. В стратегии нельзя полагаться только на здравый смысл.

Правило 2. В стратегии мнение большинства обычно ошибочно.

Правило 3. В стратегии настоящее – это уже прошлое.

Правило 4. Стратег должен изучать и использовать опыт успешно реализованных победных стратегий.

Правило 5. Ни одна стратегия не реализуется вечно.

Правило 6. Инерционное мышление – главный враг стратегического мышления.

Правило 7. Стратеги не должны разрабатывать предсказуемые модели и сценарии стратегии», которые по мнению авторов можно считать формальной моделью, предложенного Клецнером «резонатора эффективной стратегии».

Данные положения, по сути являются инвариантным, в отношении различных классов стратегизируемых объектов Индустрии 4.0 и 5.0, представляя методологический фундамент (научный канон концепции Индустрия 5.0), и составляют основу предложенной авторами нейро-цифровой парадигмы (рис. 3), лежащей в

основе проектирования нейро-цифровых инструментариив стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0 и создаваемых на её основе прикладных вариантов нейро-цифровых инструментариив стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0. Следует отметить, что тематика данной научной статьи имеет очень сложный, междисциплинарный характер, как с теоретической, так и в с научно-прикладных точки зрения, и отмечено в разделе «методы», суть и детали многих понятий, методов и прикладных инструментарий, представленных в данной статье, таких как: супер искусственный интеллект на основе компьютерной модели мозга человека, нейро-цифровая парадигма проектирования нейро-цифровых инструментариив стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0, принцип стратегирования мышления, когнитивная гиперциклическая самоорганизация и т. д., – авторы надеются более детально раскрыть в будущих статьях. Есть ещё один важный момент на который авторы хотели бы обратить внимание читателей. В рамках данной работы авторами будет предложена оригинальная модель коллективного интеллекта, формально представленная на основе когнитивного гиперцикла модели задачи-системы, и являющаяся основой представленной создания нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0. Авторы хотели бы обратить внимание, что проводимые ими исследования в области коллективного интеллекта, в отличии от фундаментальных исследований проводимых, например, в центре коллективного разума Массачусетского технологического института [36], имеют специализированный, прикладной характер, связанный с созданием нейро-цифрового инструментарий стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0.

Пьер Леви один из признанных мировым научным сообществом основателей понятия коллективного интеллекта, ввел термин «коллективный интеллект» как «форму универсально распределенного интеллекта, постоянно совершенствуется, координируется в режиме реального времени и обеспечивает эффективную мобилизацию навыков [37]». Авторы считают, что данная формулировка очень точно описывает основные положения, предложенной в рамках данной работы модели коллективного интеллекта, с одним лишь небольшим дополнением, в конце предложения нужно добавить слово «интуиция», таким образом получится следующая формулировка, коллективный интеллект – есть форма универсально распределенного интеллекта, постоянно совершенствуется, координируется в режиме реального времени и обеспечивает эффективную мобилиза-

цию навыков и интуицию. В разделе "Взаимосвязь процессов предвидения прогнозирования, стратегирования и планирования" работы [10] особое внимание отводится понятию предвиденье и интуиции "В процессе разработки стратегии необходимо обеспечивать и использовать взаимосвязь между предвидением, прогнозированием, стратегированием и долгосрочным планированием". Именно данное положение стало центральным методологическим базисом, обеспечивающим взаимосвязь между предвидением, прогнозированием, стратегированием и долгосрочным планированием, положенным в основу, создаваемой авторами модели коллективного интеллекта как основы нейро-цифрового инструментария целеполагания и планирования Индустрии 5.0. Таким образом, в соответствии с предложенной авторами, нейро-цифровой парадигмой проектирования нейро-цифровых инструментариив стратегического целеполагания и планирования, коллективный интеллект органически «растворяется» в инструментарии стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0, являясь по сути лишь элементом целостной системы стратегирования [11].

Проведённые авторами анализ и исследования, позволили сформулировать основную цель данного исследования "Создание методологического базиса и прикладного варианта нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0", а также сформулировать комплекс задач исследования:

1. Создать методологический базис нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования.
2. Сформулировать концептуальные основы нейро-цифровой парадигмы проектирования нейро-цифровых инструментариив стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0.
4. Разработать методологическую триаду проектирования нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0, включающую понятие задачи-системы, когнитивного фрейма и интеллектуальных маркеров.
5. Разработать основы принципа стратегирования мышления на основе понятия когнитивной гиперциклической самоорганизации.
6. Разработать обобщенный вариант нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0.
7. Провести прикладные исследования мета когнитивной среды моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0 на основе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования.

8. Разработать тестовый вариант кибер социальной системы "глобального архитектурного мышления" компании SpaceX и провести исследование ее применение при управлении когнитивным производством компании SpaceX, на основе специального типа нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования.

**Методы**

Совместные работы авторов статьи в области гибридного вычислительного интеллекта [3, 4, 22], и научной группы под руководством профессора А. В. Колесникова в области методологии и технологии решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем [38, 39], привели к созданию модели синергетической исследовательской среды [3, 32], позволяющей объединить

возможности подрывных и знанинтенсивных технологий Индустрии 4.0 с человеко-ориентированным подходом Индустрии 5.0, на основе эволюционной модели коллективного интеллекта [3]. Развитие модели синергетической исследовательской среды, на основе теории стратегирования [28] и ноономики [40], а также системно-целевой методологии целеполагания и целедостижения, позволили авторам сформулировать понятие и базовую модель задачи-системы, как центрального методологического понятия нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования (рис. 5), позволяющего организовать взаимосвязь всех основных стратегических конструкторов (целеполагания и планирования) модели стратегирования [3] – от стадии формулирования миссии и до разработки стратегического сценария, а затем и стратегического плана.

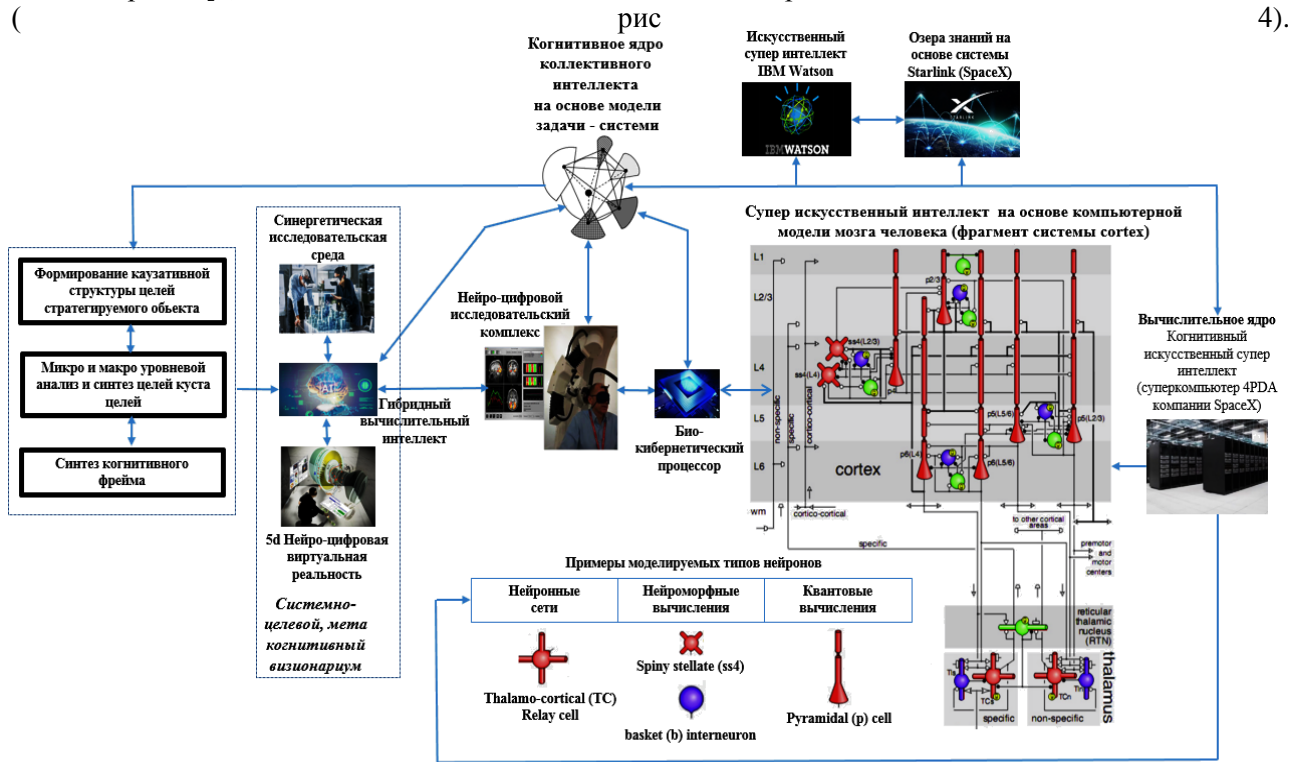


Рисунок 5 – Нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0. на основе коллективного интеллекта

Центральным понятием, представленного на рис. 5 нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования, является методологическая триада (рис.6), включающая понятия задачи-системы, когнитивного фрейма и интеллектуальных маркеров.

В работе [11] дано понятие когнитивного фрейма, а также представлена процедура формального представления целевой ситуации  $M_{C_i}$  семиотической системы  $S_{C_i}$  как основы для создания системно-целевого каркаса нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования индустрии 5.0 [11]:

$$P. \text{ prpm} ::= \{ \{ m_k(f_{ti}^p) \}, \{ m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s) \} \} \dots, t, i = 1(1)n, k \neq h, (8), (1)$$

где  $\{ m_k(f_{ti}^p) \}, \{ m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s) \}$  – когнитивные фреймы, образованные соответственно на фактах и формализмах  $f_{ti}^p$  и системо-сложных представлениях  $\langle f_{ti}^p, f_{ti}^s \rangle$  графа целей  $G$  [11].

Совместные работы авторов статьи, и научной группы под руководством профессора А. В. Колесникова позволили разработать методологию создания схем ролевых концептуальных моделей для представления моделей действительности [11,39].

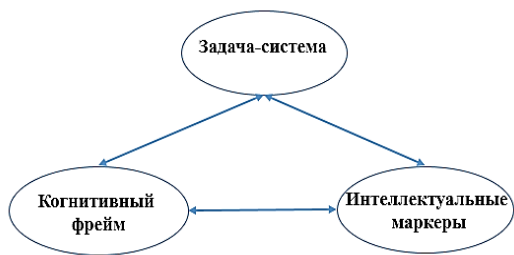


Рисунок 6 – Методологическая триада нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования

Развитие данной методологии в рамках создания концептуальной модели задачи-системы (рис. 3) привело к созданию модели когнитивного фрейма, подробно представленной в работах [11]. На рис. 6. представлен пример

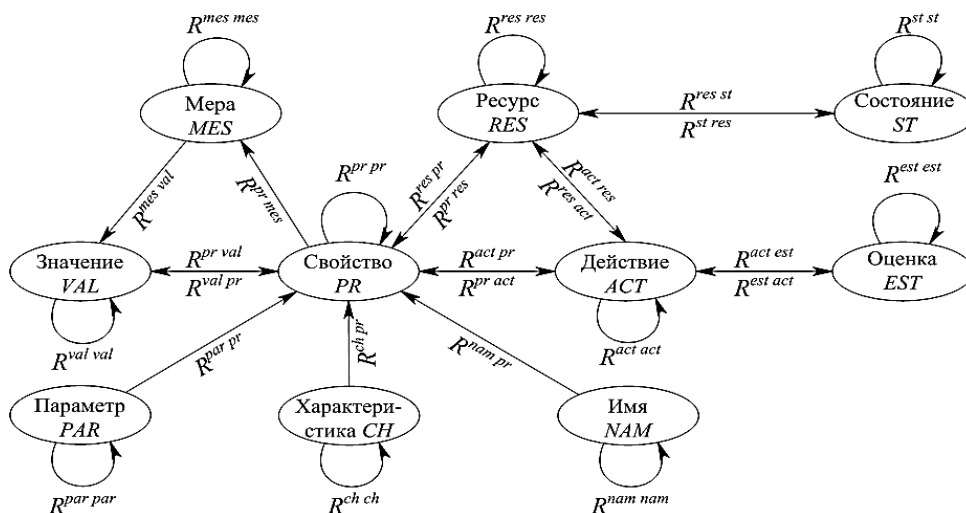


Рисунок 7 – Пример обобщенной модели когнитивного фрейма «метод – целевая подсистема»

Как отмечено в работе [11] "В настоящее время на основании модели (8) разработана база знаний, состоящая более чем из 100 когнитивных фреймов [33] (пример, см. таблицу) позволяющих формировать широкий спектр целевых ситуаций в рамках описания различных типов ПЭС, экосистем и других объектов триады экосистем Индустрия 5.0." В настоящее время база знаний когнитивных фреймов существенно увеличена и составляет более 300 обобщенных моделей.

На рис.9. представлен фрагмент когнитивного фрейма, описывающий обобщённую инфраструктуру когнитивного производства (включая элементы Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0) компании SpaceX.

Как показали исследования важной особенностью, предложенной модели когнитивного фрейма, является возможность ее эффективного применения в рамках системно-целевого, мета когнитивного визионариума (рис.5),

обобщенной модели когнитивного фрейма «метод-целевая подсистема» [11, табл 1].

Представленная на рис. 7. модель когнитивного фрейма «метод-целевая подсистема» позволяет, как показали прикладные исследования авторов, проведенные совместно со специалистами компании SpaceX, отображать множество комбинаций типов переменных и классов разнородных отношений (табл.1, рис. 8), таким образом, компактно и эффективно описывать широкий спектр интегрированных и полиморфических целевых ситуаций  $M_{C_i}$  семиотической системы  $S_{C_i}$  различных типов объектов стратегирования (системо-сложных технических и технологических систем, когнитивного производства, нейро-цифровых и других типов экосистем и т.д.).

позволяющего реализовывать био-кибернетическую систему нейрофизиологического мышления, в том числе на основе 5D виртуального погружения, посредством различных видов стимуляции мышления и нервной системы человека.

Основная идея заключается в возможности интеграции, на основе применения мета когнитивного визионариума, систем виртуальной константной реальности [41], создаваемой на основе когнитивных фреймов, активно применяемых в настоящее время и доказавшей свою эффективность при моделировании сложных систем, и интуитивной виртуальной реальности (реальности предвиденья, позволяющей увидеть в процессе решения задачи скрытые причинно-следственные связи и объекты), получаемой на основе применения супер искусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека (рис. 5). Эта очень сложная задача, как с теоретической, так и прикладной точки зрения, рассмотрение которой, к сожалению, выходит за рамки тематики статьи.



Таблица 1 – Классы переменных и методы формализации объектов стратегирования [39]

№ п/п	Наименование класса переменных	Методы формализации объектов стратегирования
1	Детерминированные переменные (ДП)	Методы классической математики Методы поиска экстремумов функций Методы вариационного исчисления Методы математического программирования
2	Стохастические переменные (СП)	Методы теории вероятностей Математическая статистика Теория массового обслуживания Методы статистических испытаний
3	Логические или пропозициональные переменные (ЛП)	Методы математической логики Методы дискретной математики
4	Лингвистические нечеткие переменные (ЛНП)	Теория нечетких множеств Методы нечеткой логики
5	Лингвистические четкие или символьные переменные (ЛЧП)	Методы теории формальных языков и автоматов Методы синтаксического анализа Методы сопоставления с образцом
6	Гибридные переменные (ННП)	Методы гибридного вычислительного интеллекта

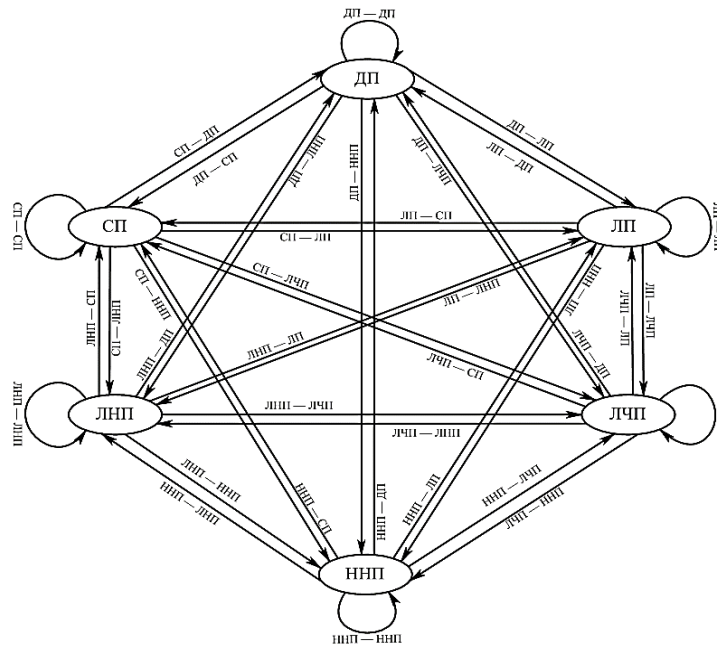


Рисунок 8 – Полный граф G классов переменных и классов отношений [39]

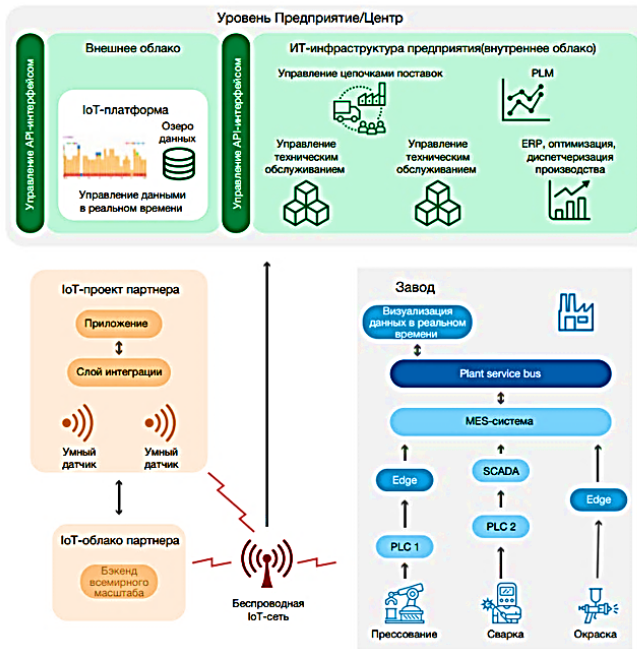
В работе [42] представлена модель коллективного творческого процесса, присущего большому классу динамических проблемных областей, ставшая методологической основой для создания схемы и инструментария для определения интеллектуальных маркеров человека (рис.10). Создание репозитария интеллектуальных маркеров основан на модели интеллекта, разработанной профессором Guilford и получившим название структура интеллекта [43]. Репозитарий интеллектуальных способностей человека включает в себя 7 категорий интеллектуальных маркеров (способностей) человека [43]: вербальное понимание, беглость речи, вычислительные способности, пространственное мышление, память, скорость восприятия и логическое суждение.

Каждая категория интеллектуальных маркеров состоит из базы данных, включающей комплекс нейрофизиологических показателей (нейровизуализационных данных, данных об изменениях локальной активности мозга и т.д.), получаемых на основе применения специальных методов исследований и соответствующего оборудования и программного обеспечения (методов электроэнцефалографии, методов функциональной магнитно-резонансной томографии и т.д.), пример анализа крупномасштабных функциональных сетей мозга человека, связанных с моделированием системо-сложных технических систем представлен на рис. 11 [42]. Предложенная на рис. 10 схема и инструментарий определения интеллектуальных маркеров человека основана на интегрированном применении [44]:

принципиально новых методов нейрофизиологии и нейровизуализации процесса мышления, на основе нейро-цифровых исследовательских комплексов нового поколения [3,42]; системно-

целевой модели целедостижения целеполагания [3]; авторского подхода к оценке эффективных связей между активными областями мозга человека по экспериментальным данным [42].

Обобщённая инфраструктура когнитивного производства (включая элементы Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0) компании SpaceX



Фрагмент когнитивного фрейма

$$\begin{aligned} \tilde{\alpha}^* &= \alpha^* \circ R^{*n} (res^*, RES^{-1}) \circ \tilde{R}^{*n} (RES^{-1}, RES^{-1}) \\ \alpha^*(t) &= R^{*n} (RES, met^*) \circ R^{*n} (RES, \overline{pr}_1^*) \circ R^{*n} (RES, \overline{pr}_2^*) \circ \\ &\circ R^{*n} (RES, \overline{pr}_3^*) \circ R^{*n} (\overline{pr}_3^*(t), \overline{pr}_3^*(t+1)) \circ R^{*n} (\overline{pr}_1^*(t), \overline{pr}_2^*(t)) \circ \\ &\circ R^{*n} (\overline{pr}_3^*(t), \overline{pr}_2^*(t)) \circ \tilde{R}^{*n} (RES^*, RES^*) \circ R^{*n} (\overline{pr}_1^*, PR_1^*) \circ \\ &\circ R^{*n} (\overline{pr}_2^*, PR_2^*) \\ \alpha_j^*(t) &= R^{*n} (RES, \overline{met}^*) \circ R^{*n} (RES, \overline{pr}_1^*) \circ \\ &\circ R^{*n} (RES, \overline{pr}_2^*) \circ R^{*n} (RES, \overline{pr}_3^*) \circ \\ &\circ R^{*n} (\overline{pr}_3^*(t), \overline{pr}_3^*(t+1)) \circ \\ &\circ R^{*n} (\overline{pr}_1^*(t), \overline{pr}_2^*(t)) \circ \\ &\circ R^{*n} (\overline{pr}_3^*(t), \overline{pr}_2^*(t)) \quad j = 1, 5, 6, 7 \\ \overline{met}^* &= R^{*n} (met, MET) \circ R^{*n} (met, ch_1) \circ R^{*n} (met, ch_2) \circ R^{*n} (met, ch_3) \circ \\ &\circ R^{*n} (met, ACT_1) \circ R^{*n} (met, ACT_2) \circ R^{*n} (met, prb^*) \circ R^{*n} (met, SPC^*) \\ \overline{met}^* &= R^{*n} (met, RES) \circ R^{*n} (RES, mod) \circ R^{*n} (RES, lang) \circ \\ &\circ R^{*n} (RES, proc) \circ R^{*n} (lang, mod) \circ R^{*n} (mod, proc) \circ R^{*n} (lang, proc), \\ \overline{mod} &= R^{*n} (mod, RES) \circ R^{*n} (RES, RES) \circ R^{*n} (PR, PR) \circ \\ &\circ R^{*n} (ACT, ACT) \circ R^{*n} (RES, PR) \circ R^{*n} (RES, RES) \circ R^{*n} (PR, PR) \circ \\ &\circ R^{*n} (ACT, ACT) \circ R^{*n} (RES, PR) \circ R^{*n} (RES, ACT) \circ R^{*n} (ACT, PR) \circ R^{*n} (ACT, PR) \\ \overline{proc} &= R^{*n} (proc, ACT) \circ R^{*n} (RES, RES) \circ \\ &\circ R^{*n} (PR, PR) \circ R^{*n} (ACT, ACT) \circ R^{*n} (RES, PR) \circ \\ &\circ R^{*n} (ACT, RES) \circ R^{*n} (ACT, PR) \end{aligned}$$

Рисунок 9 – Пример когнитивного фрейма обобщённой инфраструктуры когнитивного производства (включая элементы Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0) компании SpaceX

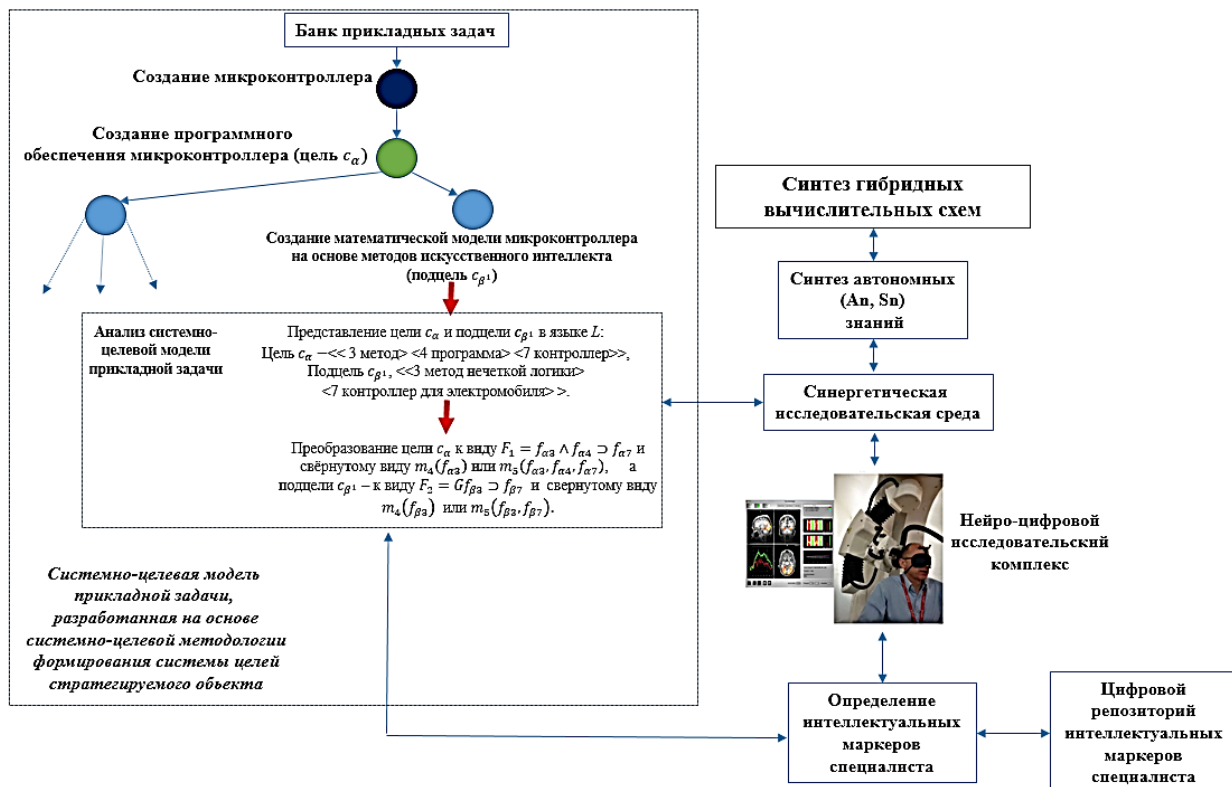


Рисунок 10 – Схема и инструментарий определения интеллектуальных маркеров [42]

В работе [3] представлен детальный пример применения, представленной на рис. 10

схемы и инструментария для определения интеллектуальных маркеров специалистов, при создании нейро-цифровой, научно-образовательной экосистемы В работах [3,4,38] было сформулировано понятие задачи-системы, а также методология и технология проектирования на ее основе сложных кибер-физических, технологических систем и производств Индустрии 4.0 и 5.0., на основе которых авторами был разработан и успешно внедрен комплекс прикладных инструментарий в различных предметных областях [3]: сельское хозяйство, военно-промышленный сектор, и т. д. Развитие понятия и модели задачи-системы на основе принципа и метода стратификации мышления, привело к созданию модели когнитивного ядра коллективного интеллекта на основе модели задачи – системы (рис. 5).

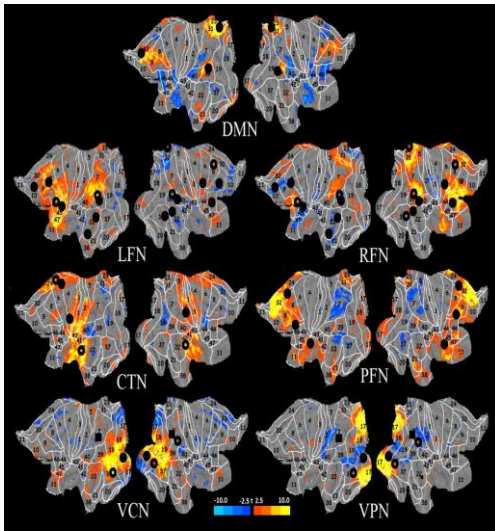


Рисунок 11 – Пример визуализации сети, Task Based Networks (TBN). Эксперимент 29, моделирование продуктивной умственной деятельности при анализе ультра сложных систем (более 107 элементов). DMN- default mode network, LFN- left front parietal networks, RFN- right front parietal networks, CTN- central temporal networks, PFN- parieto-frontal networks, VCN- visual center networks, VPN- visual peripheral networks [42].

Модель когнитивного ядра коллективного интеллекта на основе модели задачи – системы, реализуются на основе следующей совокупности моделей вычислений [3]:

$$\dot{m}_1 \uparrow = \langle F_i, E_k, I_g \rangle,$$

где  $F_i - \Pi. prgm ::=$

$f_i[[f_i] \dots][[f_{jk}, f_{jp}]] \dots], i, j = 1(1)n, k \neq p, (5) -$  процедура формального представления целевой стратегии (в виде системно-целевых инвариант, семантического графа  $G^a$ ) объекта стратегирования, представлена в работах [3].

$E_k -$  комплекс когнитивных моделей создаваемых в соответствии с  $F_i$ , на основе применение интеллектуальной системы IBM Watson и озер знаний компании SpaceX.

$I_g -$  интерпретатор, сложный прорамно-технический комплекс, реализованный на основе методов гибридного вычислительного интеллекта, подробно представлен в работах [3,4].

$$\dot{m}_2 \uparrow = \langle G_i^a, \Pi_{\mathcal{R}}(E_k), I_g \rangle,$$

$\Pi_{\mathcal{R}}(G_i^a) - \Pi. prgm ::= \mathcal{R}_{C_i}^{\Psi_g}(E_k, \Psi_g^i, M_{C_i}, Lf) -$  процедура формального представления множества  $\mathcal{R}_{C_i}^{\Psi_g}$  семантических отношений структуры целей куста целей  $G_i^a$  семантического графа  $G^a$ , подробно представлена в работах [3,4].

$$\dot{m}_3 \uparrow = \langle$$

$$M_1[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\} \dots], \Pi_{m1\emptyset}(E_k, G_i^a), I_g \rangle,$$

$$\Pi_{m1\emptyset}(E_k, G_i^a) - \Pi. prgm ::=$$

$$M_1[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\} \dots], t, i = 1(1)n, k \neq h, (8), -$$
 процедура синтеза когнитивного фрейма, подробно представлена в работах [3,11].

$$\dot{m}_4 \uparrow = \langle N_{G_i^a}, \Pi_{N\emptyset}(E_k, G_i^a), I_g \rangle,$$

$\Pi_{N\emptyset}(E_k, G_i^a) -$  процедура создания репозитория  $N_{G_i^a}$  интеллектуальных маркеров, см. рис. 9

$$\dot{m}_5 \uparrow = \langle M_2[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\} \dots],$$

$$\Pi_{m2\emptyset}(M_1[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\}, G_i^a], I_M, I_G \rangle,$$

$$\Pi_{m2\emptyset}(M_1[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\}, G_i^a) -$$

$$\Pi. prgm ::=$$

$$M_2[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\} \dots], t, i = 1(1)n, k \neq h, (8), -$$
 процедура синтеза когнитивного фрейма на основе интерпретаторов:  $I_G -$  био-кибернетический процессор, выполняет преобразование (прямое и обратное) семантического представления когнитивного фрейма (см. рис.6,8)

в специальный нейро-цифровой фрейм данных [42], предназначенный для обработки супер искусственным интеллектом на основе компьютерной модели мозга человека;  $I_M -$  супер искусственный интеллект на основе компьютерной модели мозга человека – сверх сложная программно-техническая система, состоящая из большого количества, сложным образом взаимодействующих между собой и настраиваемых (см. раздел апробация, рис. 18) вычислительных систем, нейропакетов и кластеров, состоящих из: нейронных сетей, нейроморфных процессоров, квантовых вычислительных комплексов, нейро-цифровых шин данных и т.д. (рис.20).

$$\dot{m}_6 \uparrow = \langle M_3[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\} \dots],$$

$$\Pi_{m2\emptyset}(M_2[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\}, G_i^a], I_B \rangle,$$

$$\Pi_{m2\emptyset}(M_2[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\}, G_i^a) -$$

$$\Pi. prgm ::=$$

$M_3[\{\{m_k(f_{ti}^p)\}, \{m_h(f_{ti}^p, f_{ti}^s)\}\} \dots], t, i = 1(1)n, k \neq h, (8)$ , – процедура синтеза когнитивного фрейма на основе интерпретатора  $I_B$ - системно-целевой, мета когнитивный визионариум (рис.5) – представляющего собой интеграцию нейро-цифровой, научно-исследовательской экосистемы (пример представлен в работах [3,4]) и био-кибернетической системы нейрофизиологического мышления, на основе 5D виртуального погружения.

$\dot{m}_7 \uparrow = \langle L_{G^\alpha}, \Pi_{m_2\emptyset}(M_1, M_2, M_3, G_i^a), I_g \rangle,$

$L_{G^\alpha}: \langle f_i[f_i] \dots \rangle \langle [f_{jk}, f_{jp}] \dots \rangle \rangle$

$\Pi_{m_2\emptyset}(M_1, M_2, M_3, G_i^a)$

$\rightarrow \langle \{M_{G_i^a}, G_i^a\} \rangle, G^\alpha = \{G_i^a\}$  – процедура генезиса знаний, представленная в работе [11], в соответствии с которой формируется переход семиотической системы в пространстве состояний  $S_{G^\alpha}$  [11], как результат многошагового синтеза целей из подцелей и в конечном итоге формирования окончательной структуры системно-целевого графа  $G^a$  стратеглируемого объекта.

В работе [10] академика РАН В. Л. Квинта и профессора С. Д. Бодрунова, представлены, такие фундаментальные понятия как "Целеполагание – начало превращения стратегии в практическую реальность. Исходя из существенных положений миссии и основываясь на философском фундаменте видения, целеполагание представляет собой качественную ориентацию, детализацию приоритетов, субординацию и взаимосвязь отдельных целей стратегии объекта», а также "Миссия, видение, цели и задачи стратегии – это не только этапы ее разработки, но и формализовано самостоятельные и при этом взаимосвязанные и взаимодополняющие основные элементы (документы) стратегии. Определение задач является первым этапом стратегирования, на котором устанавливаются количественные характеристики и оценочные показатели», открывающие большие возможности для создания различных классов инструментариев стратегического целеполагания и планирования. Развивая, предлагаемое в работе [10] академиком РАН В. Л. Квинтом и профессором С. Д. Бодруновым фундаментальное понимание «Целеполагания, миссии видения, целей и задач стратегии» как «формализовано самостоятельные и при этом взаимосвязанные и взаимодополняющие основные элементы (документы) стратегии», авторами были сформулированы базовые положения и понятия, активно развиваемой в настоящее время, универсальной нейро-цифровой парадигмы проектирования нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования. В основе нейро-цифровой парадигмы лежит принцип стратегирования мышления, основанный на современ-

ных нейрофизиологических теориях и положениях [43] об иерархическом принципе интеграции скоростных, медленных и сверхмедленных информационно-управляющих систем головного мозга, формируемых для обеспечения когнитивных состояний и познавательной деятельности человека, включая вербальную ассоциативно-мыслительную деятельность [44]. Центральным понятием принципа стратегирования мышления является понятие когнитивной гиперциклической самоорганизации, реализованной авторами статьи на основе модели задачи-системы. Когнитивный гиперцикл, представляющий взаимосвязанную совокупность моделей вычислений задачи-системы (рис. 12), реализуется на основе системно-целевой интеграции и согласованной самоорганизации нейро-цифровой системы [3], состоящей из человеческого и искусственного интеллекта (рис.5).

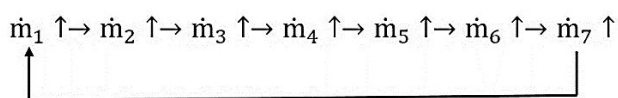


Рисунок 12 – Когнитивный гиперцикл на основе модели задачи-системы

В результате подобной интеграции, как основы для создания различных моделей коллективного интеллекта, происходит сопряжение мыслительной структуры человека с мыслительной структурой искусственного интеллекта и формирование нелинейных когнитивных сетей [43], обладающих уникальными синергетическими свойствами и поддающихся формальному описанию и реализации посредством супер искусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека (рис.5).

Для описания даже основ функционирования суперискусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека (рис. 5), понадобится не один десяток научных статей, в том числе не связанных с тематикой данного журнала. К слову, в 2023 г. авторы планируют издать цикл статей, посвящённых теоретическим и прикладным основам функционирования суперискусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека, в журнале «Искусственный интеллект и принятие решений», а также собираются представить расширенный доклад на 7 Поспеловской конференции "Гибридные и синергетические интеллектуальные системы" (ГИСИС'2022, июнь 2022, Калининград).

Для иллюстрации сути функционирования суперискусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека, авторы хотели бы привести арабскую притчу о том, как один шейх решил переехать жить с одного края огромной пустыни на другой [44]. «Построив

новый дворец и перевезя в него своих жен и сокровища, шейх повелел перевезти, наконец, свою огромную библиотеку. Караван верблюдов с книгами отправился через пустыню в долгий путь. В дороге верблюды и люди валились от усталости. Тогда живые еще и грамотные погонщики останавливались и конспектировали содержание тех книг, которые уже не могли нести верблюды дальше. По мере движения каравана книг становилось все меньше и меньше, а конспектов – все больше. Наконец, понадобилось конспектировать сами конспекты, конспекты конспектов и так далее. К концу путешествия от каравана остался только один погонщик, который нес в руке листочек с последним конспектом конспектов всей громадной библиотеки. Войдя во дворец, он упал у ног шейха. «Прочти, что было в моих книгах!» – повелел шейх. Погонщик развернул на ладони листок и прочел: «Велик Аллах и Магомет – пророк его!»». Фактически в рамках данной притчи, представлена причинно-следственная суть когнитивного гиперцикла на основе модели задачи-системы (рис.12), являющийся основой функционирования супер искусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека (рис. 5). В качестве исходного когнитивного фрейма образа действительности в притче выступала вся библиотека. В процессе движения погонщики

создавали системно-целевой набросок исходной модели действительности, затем наброски набросков и так до тех пор, пока не остался один – финальный образ модели с предельно сжатым смыслом.

### Результаты и обсуждение

С 2012 года компания SpaceX работает над многоразовой ракетой, которая теперь известна под названием Starship. Проект создания пилотируемого космического корабля многоразового использования Starship является поворотным моментом в истории человечества, потому что он станет транспортным средством экспансии людей за пределы Земли, что позволит сделать человечество межпланетным видом. В настоящее время в рамках проекта Starship/Super Heavy специалисты компании SpaceX приступили к созданию прототипа пилотируемого космического корабля многоразового использования Starship способного обеспечить межгалактические полеты и революционно новый способ исследования других миров.

Для реализации столь амбициозных планов, на основе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования, была разработана мета когнитивная среда моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0, представленная на рис.13.

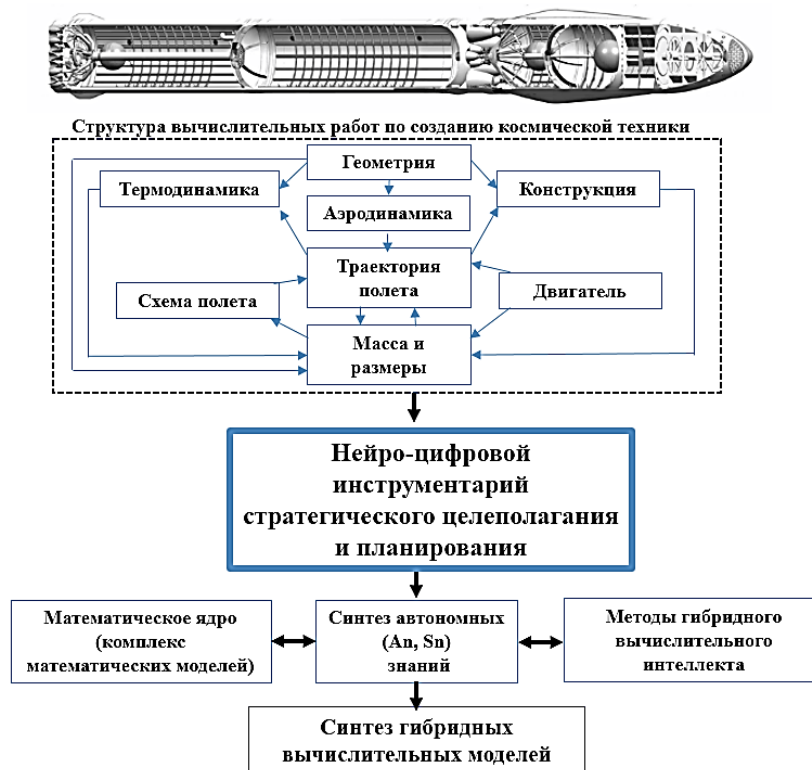


Рисунок 13 – Мета когнитивная среда моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0 на основе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования

Мета когнитивная среда моделирования сложных киберфизических систем на основе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования, позволяет

в процессе моделирования сложных систем, исследовать нейробиологические механизмы человеческой иррациональности [42], и получаемые на их основе эвристические знания [42] с одной стороны, в взаимосвязи с рациональными механизмами мышления [42], и получаемыми на их аналитическими знаниями [42] с другой, обеспечивая, в том числе, возможность синтеза двух видов автономных знаний [3], необходимых для создания гибридных вычислительных моделей (ГВМ) сложных киберфизических систем Индустрии 5.0:

- аналитических (Ап знания) [3,22]. Знания, получаемые на основе нейробиологических механизмов человеческой рациональности, с формальной точки зрения данный тип знаний представлен методами классического математического анализа, математическом программиро-

вании, методов классической математики, поиска экстремумов функций, вариационного исчисления, методы математического программирования, методов математической статистики, теории массового обслуживания и т. п.;

- эвристических (Sn знания [3,21]). Знания, получаемые на основе нейробиологических механизмов человеческой иррациональности, с формальной точки зрения данный тип знаний представлен методами искусственного интеллекта, инженерии знаний, экспертных систем, генетических алгоритмов и т.д.

В таблице 2 показан пример гибридной вычислительной модели, полученной на основе хорошо известной в научных кругах, базовой аналитической модели удельного импульса тяги двигателей космического корабля [45], применяемой, в том числе при создании орбитального корабля-ракетоплана "Буран".

Таблица 2 – Показательный пример гибридной вычислительной модели

Базовая аналитическая модель	Гибридная вычислительная модель
$W = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{RT_{kc}}{\mu} \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p_{kc}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$ <p>где: где k - показатель адиабаты; R – универсальная газовая постоянная; T<sub>kc</sub> - температура в камере сгорания; μ – молекулярная масса истекающего из сопла газа; p<sub>a</sub>, p<sub>kc</sub> – давления на срезе сопла и в камере сгорания.</p>	$W = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{RT_{kc}}{\mu} \left[ \left( \frac{p_a}{p_{kc}} \right)^{m_f^{a3}} \right]}$ <p>где: m<sub>f</sub><sup>a3</sup>=&lt;X(x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> ...), Y(y<sub>1</sub>, y<sub>2</sub>), KB, F<sup>μ</sup>, F<sup>TS</sup>, F<sup>Y</sup>, I<sup>f</sup>&gt; - модель вычислений в нечетких системах [2], представляющая собой высоко адаптивную (когнитивную) структуру, интегрированную в базовую аналитическую модель. X(x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> ...) – пространство входных переменных зависящих, в свою очередь, от конструкции двигателя, топливных баков и других факторов.</p>

Для реализации задачи обеспечения не только межгалактических полетов, но и революционно нового способа исследования других миров, космический корабль Starship (рис.12), по сути должен стать мыслящим существом, в виде особой кибер-социальной системы, со временем став частью созданной человечеством межпланетной нейросферы. Коллективный интеллект такого космического корабля должен будет органически интегрироваться (создать коллективный разум) не только с разумом астронавтов, но и с множеством различных когнитивных, киберфизических систем Индустрии 5.0 (систем управления, жизнеобеспечения, навигации ит.д.) космического корабля. В соответствии с технологией создания ГВМ, предложенной в работах [3,4] рис. 14, гибридная вычислительная модель состоит (см. табл. 2) из базовой аналитической основы и когнитивной (дополняющей структуры) компоненты.

В работе [32] представлен метод системно-целевой трансформации знаний, применяемых при создании когнитивной (дополняющей структуры) компоненты ГВМ в виде интеллектуальной базы знаний [46]. Таким образом, в базовую аналитическую основу ГВМ (см. табл.2) органически интегрируется база знаний,

способная к адаптации и саморазвитию [47], посредством которой появляется возможность синтеза принципиально новых типов формальных моделей с переменной, адаптивной структурой, а также возможность взаимодействия ГВМ с коллективным интеллектом, в том числе на основе совместного развития и эволюции.



Рисунок 14 – Универсальная схема создания гибридных вычислительных моделей [3]

Представленная в качестве примера в таблице 2, гибридная вычислительная модель, разработанная на основе мета когнитивной среды моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0 (рис.13) позволила сформулировать принципиально новые пути воздействия на скорость истечения и удельный импульс тяги двигателей в зависимости от ряда ранее не учитываемых факторов и переменных. Как показали исследования, разработанный, на основе мета когнитивной среды моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0, класс гибридных вычислительных моделей, позволяет в кратчайшие сроки создать комплекс принципиально новых типов киберфизическим систем Индустрии 5.0. в виде систем управления, жизнеобеспечения, навигации и т.д. космического корабля, а также заложить основы для создания принципиально новой кибер-социальной системы на основе коллективного интеллекта будущих прототипов корабля Starship, способного обеспечить межгалактические полеты и сделать человечества межпланетным видом.

По словам Илона Маска проблема проекта Starship/Super Heavy состоит в том, в том, что необходимо создать не просто новую ракету, которая бы летала, а полностью многоразовый, дешёвый в эксплуатации, и самое главное быстрый в производстве (причём в больших – просто огромных – количествах) носитель. Для этого, по словам Илона Маска, необходимо создать принципиально новый тип когнитив-

ного производства, который позволит реализовать "дредноут" по выпуску ракет – фабрику, где с одной стороны входит сырьё, а с другой – выезжает ракета. При этом скорость производства должна быть на уровне разлива газировки по бутылкам. В 2021 года в рамках проекта Starship/Super Heavy компания SpaceX столкнулась с серьезными производственными проблемами, полностью соответствующими уровню сложности данного проекта, связанному в том, числе с невероятными (не имеющими исторических прецедентов) темпами производства. В течение года, в рамках проекта Starship/Super Heavy, компания несколько раз пережила "производственный хаос".

На рис.15 представлены проблемы производительности проекта Starship/Super Heavy, связанные в том числе с очень высокой частотой событий, исходящих из производственных ячеек, а также большим количеством производственных аномалий, потенциальных дефектов и других проблем. Для решения проблем производительности проекта Starship/Super Heavy был применен итеративный, промышленный подход развертывания когнитивного производства (рис.16). Развитие итеративного, промышленного подхода развертывания когнитивного производства на основе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования (рис. 5) и кибер-социальной системы "глобального архитектурного мышления" (рис.17) позволили реализовать принципиально новую концепцию повышения эффективности когнитивного производства компании SpaceX.

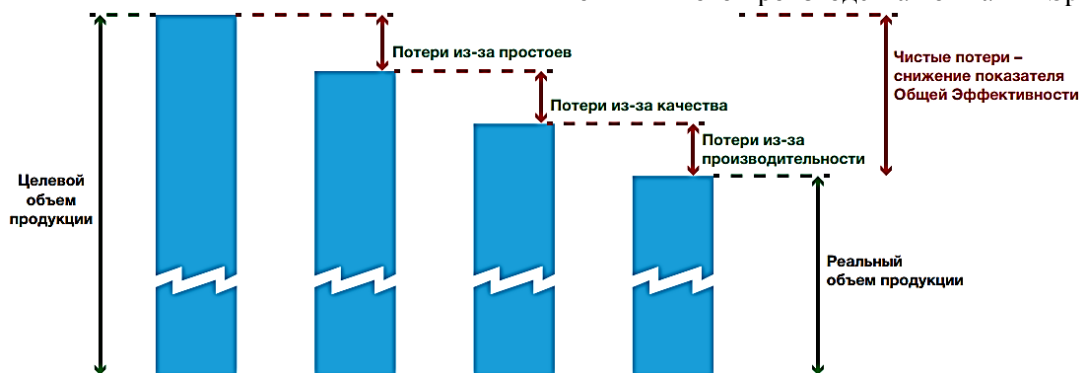


Рисунок 15 – Проблемы производительности проекта Starship/Super Heavy

Представленная на рис. 17 модель кибер социальной системы "глобального архитектурного мышления" как показали исследования, позволит создать, на основе конвергенции кибер мира коллективного интеллекта (рис. 5) с физическим миром промышленных операционных технологий, принципиально новый тип экосистем когнитивного производства Индустрии 5.0 компании SpaceX. Модель кибер социальной системы "глобального архитектурного мышления" включает в себя следующие основные элементы:

- Когнитивную сеть данных и знаний, включающая в себя взаимосвязанный комплекс систем:

1. Мониторинга и управления данными и знаниями (рис.18, уровень Индустрии 4.0.), разработанных в рамках перспективных технологий Индустрии 4.0. и обеспечивающих реализацию следующих концепций Индустрии 4.0 [13]: «Цифровая цепочка выполняемых задач», призванная гарантировать эффективное прохождение информации на всем протяжении от проек-

тирования продукта до его вывода из эксплуатации и переработки, «Цифровой двойник», обеспечивающая преобразование разрозненных элементов данных в согласованные и нематериаль-

ные активы, и «Киберфизическая саморазвивающаяся система», лежащая в основе децентрализованных самоуправляемых систем и процессов.

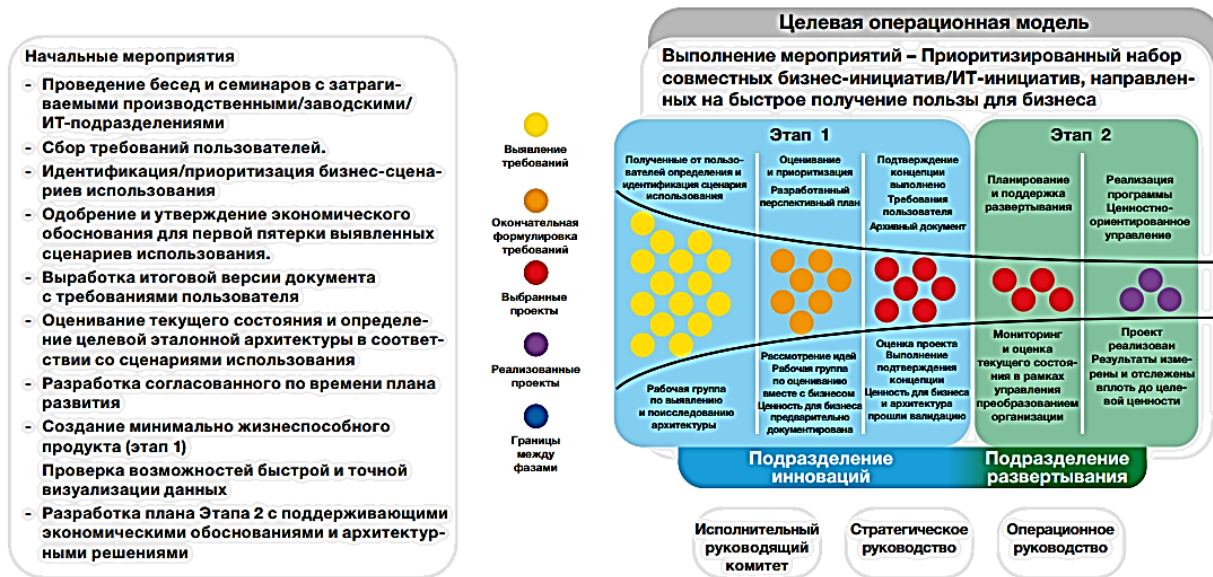


Рисунок 16 – Итеративный, промышленный подход развертывания когнитивного производства

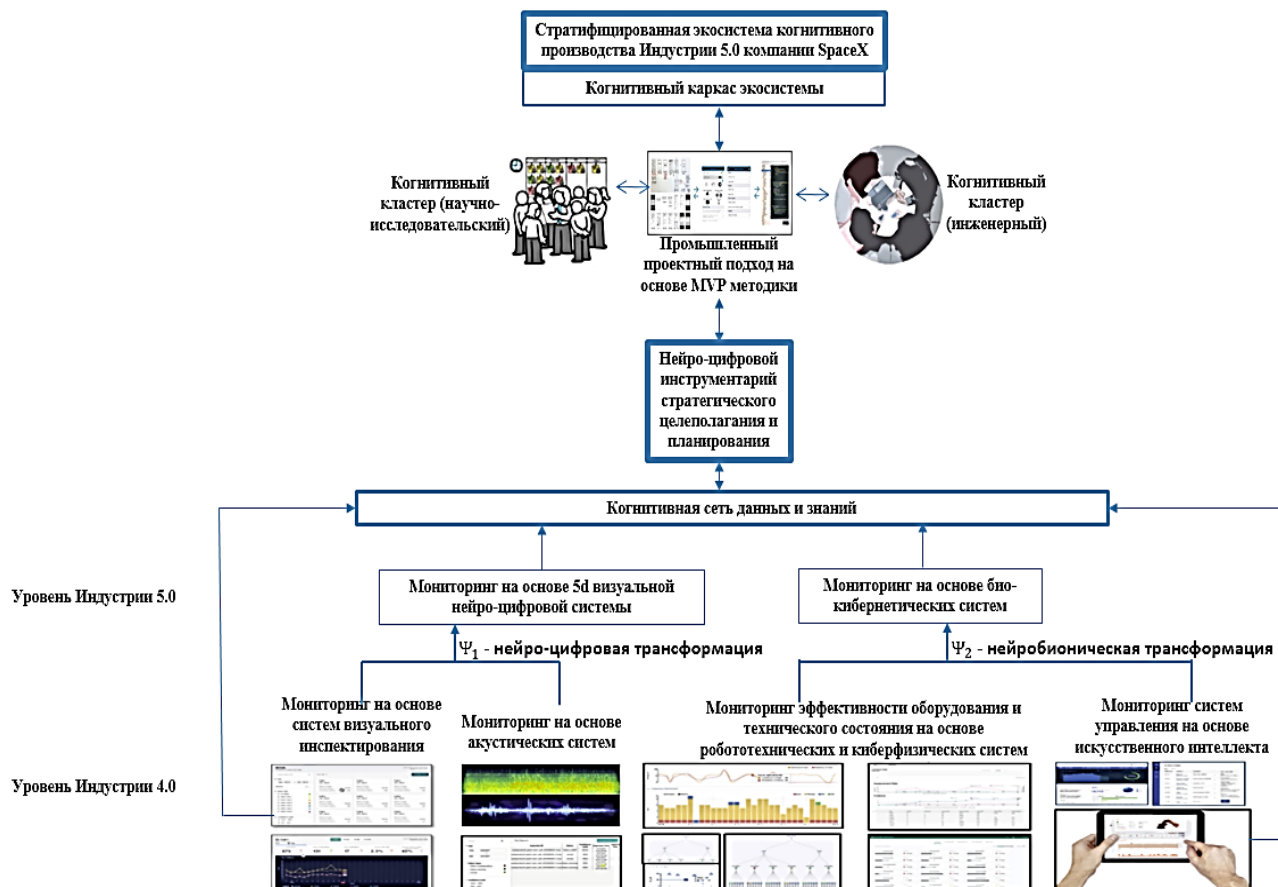


Рисунок 18 – Кибер-социальная система "глобального архитектурного мышления" компании SpaceX



2. Принципиально новых "подрывных" технологий и инструментариев нейро-цифрового управления данными и знаниями (рис. 18), уровень Индустрии 5.0.), получаемых на основе нейро-цифровых и нейробионических операторов трансформации Индустрии 5.0 [3], и обладающих когнитивными возможностями для восприятия, коммуницирования и самодиагностики проблем когнитивного производства [13].

- Нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования с возможностью реализации механизмов предвидения и интуиции (см. рис. 18 и описание ниже по тексту).

- Когнитивных кластеров в виде научно-исследовательских и инженерных групп специалистов (рис. 18), которые, как точно сформулировано в работе академика РАН В. Л. Квинта [10], способны создавать архитектуру глобального "долгосрочного мышления далеко за пределами существующей повестки дня объекта стратегического анализа, а также способности распознавать и анализировать инновационные радикальные асимметричные и экспонентные пути к успеху, даже если они фундаментально изменяют текущую активность объекта». В основе создания когнитивных кластеров специалистов на основе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования лежит многофакторная модель структурного интеллекта Терстоуна [44], предполагающая возможность управления индивидуальными факторами (познание, память, дивергенция, конвергенция, оценка, и т.д.) интеллектуальных способностей человека в процессе коллективного творческого мышления и создания на их основе интегрированных мета когнитивных структур (сложных комплексных конструкций [11]).

В работе [10], особая роль в процессе стратегирования отводится предвидению и интуиции "В процессе разработки стратегии необходимо обеспечивать и использовать взаимосвязь между предвидением, прогнозированием, стратегированием и долгосрочным планированием [10]".

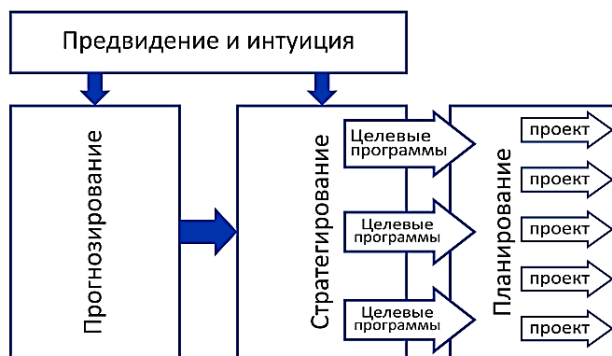


Рисунок 19 – Взаимосвязь между предвидением, прогнозированием, стратегированием и планированием [10]

Современная нейроэкономика и нейрофизиология позволяют с уверенностью утверждать, что интуиция и предвидение включает в себя ряд определенных этапов, к которым относятся [10]:

- 1) накопление и бессознательное распределение образов и абстракций в системе памяти;
- 2) неосознанное комбинирование и переработка накопленных абстракций, образов и правил в целях решения определенной задачи;
- 3) четкое осознание задачи;
- 4) неожиданное для данного человека нахождение решения (доказательство теоремы, создание художественного образа, нахождение конструкторского или военного решения и т. д.), удовлетворяющего сформулированной задаче.

Как показали научно-прикладные исследования, наиболее удачной практико-ориентированной моделью, позволившей выполнить наиболее точную формализацию, представленных выше этапов, является модель аналогий для предсказаний, разработанная японскими учеными С. Осуга, Х. Судзуки и др. [48]. Модель аналогий для предсказаний С. Осуга и Х. Судзуки была положена в основу настройки суперискусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека. На основе специализированной настройки комплекса (нейронных сетей, квантовых и нейроморфных процессоров) суперискусственного интеллекта на основе компьютерной модели мозга человека была разработана специализированная модель когнитивной гиперцикличности задачи-системы, способная реализовывать механизмы интуиции и предвидения при управлении когнитивным производством компании SpaceX (рис. 20).

Представленная на рис. 18 и 20 модель кибер-социальной системы "глобального архитектурного мышления, позволяет реализовывать различные варианты нейро-цифровых моделей коллективного принятия решений при управлении когнитивным производством, а также перейти к созданию экосистемы нового поколения (рис.18) когнитивного производства Индустрии 5.0 компании SpaceX.

Как показали предварительные результаты исследования, внедрение даже существенно упрощенной версии кибер социальной системы глобального архитектурного мышления (рис.18, 20) позволяет существенно повысить эффективность когнитивного производства, в том числе в рамках проекта Starship/Super Heavy, например, производительность технических функций может быть увеличена за короткий промежуток времени более чем на 50 процентов, обеспечивая: прирост продуктивности, повышение пропускной способности и эффективности, исключение бесполезной деятельности, предотвращение отказов, избежание переделок, брака, отказов, продукции низкого качества и т.д.

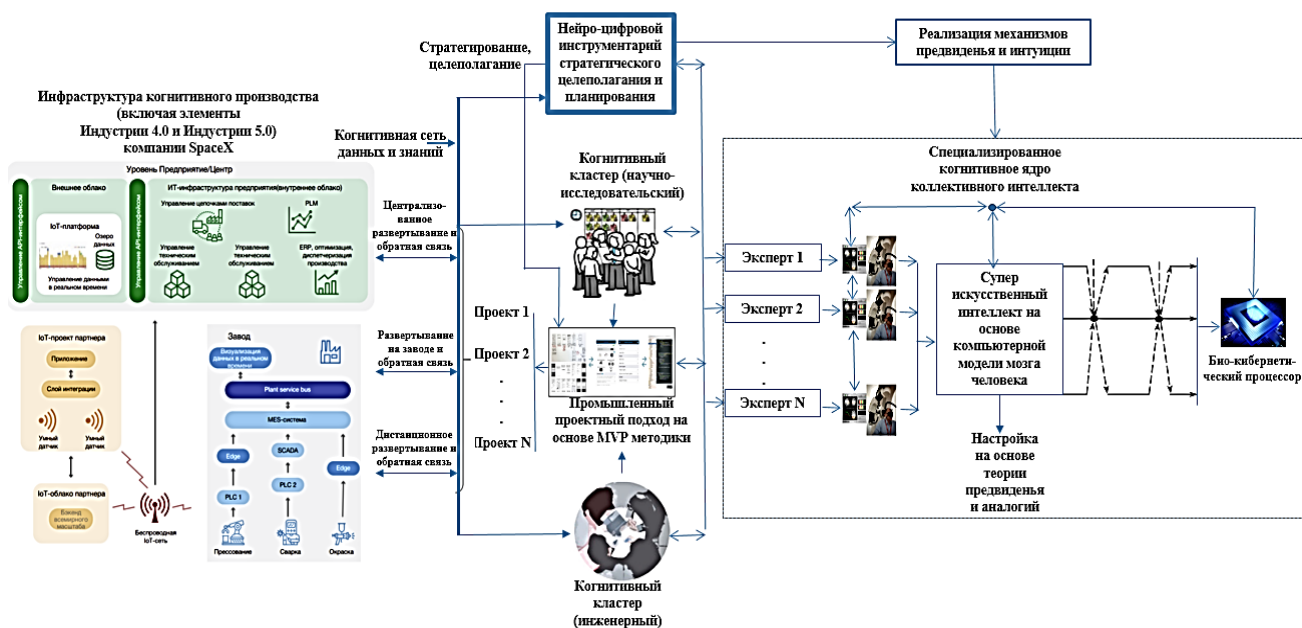


Рисунок 20 – Управление когнитивным производством компании SpaceX на основе специального типа нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования

### Заключение

1. Сформулирована интегрированная модель глобальной трансформации общества, которая определяет вектора стратегии общественного развития на основе движения к нообществу и нейросфере.

2. Предложена нейро-цифровая парадигма проектирования нейро-цифровых инструментариев стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0.

3. Рассмотрена методологическая триада проектирования нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0, включающая понятия задачи-системы, когнитивного фрейма и интеллектуальных маркеров.

4. Рассмотрен принципа стратегирования мышления и понятие когнитивной гиперциклической самоорганизации.

5. Представлен обобщенный вариант нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0.

6. Рассмотрена мета когнитивная среда моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0 на основе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования и ее прикладное применение при моделировании сложных киберфизических систем Индустрии 5.0., в рамках проекта Starship компании SpaceX.

7. Рассмотрена кибер социальная система "глобального архитектурного мышления" компании SpaceX и ее применение при управлении когнитивным производством компании SpaceX, на основе специального типа нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования.

Авторы надеются, что решенные ими методологические задачи исследования и разработанный прикладной вариант нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0, позволили реализовать пророческие мысли В. Л. Квинта и Г. Б. Клейнера и создать тестовый вариант «резонатора, Г. Б. Клейнера, В. Л. Квинта и С. Д. Бодрунова, эффективного стратегирования Индустрии 5.0 (см. стр. 8 раздела введение)». Также авторы надеются, что прикладное внедрение создаваемого ими «резонатора» в виде кибер социальной системы "глобального архитектурного мышления" компании SpaceX (рис. 20), станет важным элементом в проекте Starship, и поможет Человечеству решить его главную задачу - стать межпланетным видом.

Данная статья продолжает цикл исследований и научных статей [3,5,10,11], посвященных созданию концепции Индустрия 5.0, являясь следующим шагом в объединении усилий авторов концепций стратегирования (В. Л. Квинт), ноономики (С. Д. Бодрунов), системной парадигмы и системной экономики (Г. Б. Клейнер) и авторских работ в области цифровой экономики, гибридного вычислительного интеллекта и мета системных технологий. Идея объединения взглядов авторов на проблемы создания концепции Индустрия 5.0 остаются неизменными и имеют целью создать общую научную платформу обеспечивающую: развитие теории и методологии стратегирования на основе мета системных подходов в области концепции Индустрия 5.0; создание новой концепции развития высокотехнологичной промышленности Индустрия 5.0.; создание методологии и прикладных инструментариев построения новых типов социально-экономических, киберсоци-

альных, нейро-цифровых экосистем, и т.д., - являясь темами, предполагаемого цикла, последующих научных статей.

### Направления дальнейших исследований

Данная научная статья продолжает цикл работ авторского коллектива в области создания концепции Индустрия 5.0 и является развитием авторских работ [3,4,11,21,22]. Работа [11] вызвала большой интерес в мировых научных кругах. Авторам поступило большое количество вопросов. На один из самых частых задаваемых и широко обсуждаемых вопросов, авторы хотели бы предоставить комментарии в рамках данной научной статьи. Вопрос был в том, почему на рис.4 в работе [11] наступление Индустрии 5.0 начинается с 2021 г. Как было отмечено во введении 18 - 20 ноября в Санкт-Петербургском политехническом университете проведена научно-практическая конференция с международным участием "Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы". Данная конференция стала первой в мире, полноценной научно-практической конференцией, на которой обсуждались теоретические и научно-прикладные аспекты концепции Индустрии 5.0 и киберсоциальных систем. За два дня работы конференции специалисты приняли участие в работе 10 десяти секций, которые проведены в очном и дистанционном форматах на базе 7 вузов и научных организаций на территории 4 федеральных округов России. В работе конференции приняли участие 489 человек, которые представляли 22 города России и 5 зарубежных стран. Несмотря на то, что аналогичные вопросы развития определенных аспектов концепции индустрии 5.0 затрагивались и на других дискуссионных площадках в 2020 г. и 2021 г., данная конференция, проведенная под руководством профессора А.В. Бабкина, является первой в мире полноценной научно-практической конференцией, на которой обсуждались теоретические и научно-прикладные аспекты развития концепции индустрии 5.0 как следующего мега этапа социально-экономического развития человечества. Таким образом, авторы посчитали логичным и справедливым, с учётом большого объема научно-исследовательских работ, проведенных российскими учёными по теме Индустрия 5.0, считать 2021 г. (год в котором была проведена конференция), началом развития этапа Индустрии 5.0 и соответственно отметили данный факт на рис. 4 в работе [11].

В рамках данной работы представлен нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования Индустрии 5.0, являющийся органическим развитием классического инструментария стратегического целеполагания и планирования, предложенного в работе [10]. Авторы хотели обратить внима-

ние, что большинство как методологических положений, так и прикладных решений были получены авторами в процессе прикладных исследований, проводимых в рамках проекта Starship компании SpaceX. Таким образом, данное исследование опиралось, в первую очередь, на итерационный метод практического подтверждения предлагаемых теоретических положений и практических решений. В рамках данного исследования в качестве объектов стратегирования [10], выступали, такие элементы новых типов экосистем Индустрии 5.0 (рис. 3) – как сложные технические (киберфизические) и технологические системы Индустрии 5.0. и когнитивное производство (рис. 14, 18, 20). На следующем этапе авторы надеются применить, предложенный в работе нейро-цифровой инструментарий стратегического целеполагания и планирования, к исследованию новых типов стратегированных экосистем Индустрии 5.0 (рис.4). Понятие стратегированных экосистем Индустрии 5.0 было впервые представлено в работе [30]. Данный тип экосистем по мнению авторов позволит реализовать широкий комплекс методов трансфера новых знание интенсивных и подрывных технологий, обеспечив возможность формирования принципиально новых типов национальных инновационных экосистем [30]. Авторы уверены, что применение предложенного в работе нейро-цифрового инструментарий стратегического целеполагания и планирования позволит реализовать в полной мере прикладной потенциал данного типа экосистем, имеющий по мнению авторов огромное значение на пути движения к обществу и нейросфере и реализации такой важной задачи развития человечества как межпланетного вида (рис.3).

В работе [10] отмечается «интеграция науки, производства и образования в единую систему выступает необходимым организационным условием и предпосылкой практической реализации реиндустриализации в российской экономике». Авторы надеются, что после того, как им удастся набрать необходимый теоретический и главное прикладной опыт применения, предложенного в работе нейро-цифрового инструментария стратегического целеполагания и планирования, в различных предметных областях и сферах деятельности, в конечном итоге им удастся создать эффективную национальную платформу реинжиниринга [14] российской экономики и промышленности.

С другой стороны, Илон Маск руководитель компании SpaceX, надеется на возможность создания в ближайшее время теоретического базиса новой технологии разработки стратифицированных экосистем когнитивного производства Индустрии 5.0 компании SpaceX (рис. 20), способных на принципиально новом уровне повысить производительность производства. По

мнению авторов, наиболее эффективным подходом для создания подобных экосистем будет объединение экосистемного подхода, предложенного в работе [29], с теорией стратегирования и инструментариумом стратегического целеполагания и планирования, предложенных в работе [10]. Применение экосистемного подхода Г.Б. Клейнера [29], в рамках создания стратифицированных экосистем когнитивного производства Индустрии 5.0, позволит создать принципиально новую, высоко адаптивную, системную структуру стратифицированных экосистем, наделив их свойствами самоорганизации и системной эволюции. С другой стороны, применение теории стратегирования и инструментария стратегического целеполагания и планирования, предложенных академиком РАН В. Л. Квинтом и профессором С. Д. Бодруновым [10], позволит наделить стратифицированные экосистемы, механизмами "Континиума экосистем [30]", как особого вида взаимодействия между различными классами экосистем Индустрия 4.0 и 5.0., обеспечивающих на принципиально новом уровне трансфер новых знаний интенсивных технологий, а также возможность быстрой адаптации к условиям нейро-цифровой реиндустриализации и трансформации [3].

### Литература

1. Лопатина Е. С., Ячменева Е. Д. Внедрение целей устойчивого развития в стратегию современных организаций как фактор их развития // Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы (ЭКОПРОМ-2021): сборник трудов Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции, 18–20 ноября 2021 г. / Под ред. д-ра экон. наук, проф. Д. Г. Родионова, д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021., 48-51 с. DOI: 10.18720/IEP/2021.3/9
2. Викторова Е. В. Реализация целей устойчивого развития: Европейский и Российский опыт. URL: [https://unecon.ru/sites/default/files/sbornik\\_statey\\_s\\_obl\\_ozhkoу.pdf](https://unecon.ru/sites/default/files/sbornik_statey_s_obl_ozhkoу.pdf) (дата обращения: 02.11.2021).
3. Федоров А.А., Корягин С.И., Либерман И. В., Клачек П. М., Полупан К. Л. Основы создания нейро-цифровых экосистем. Гибридный вычислительный интеллект: монография. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2021. 320 с.
4. Клачек П.М., Полупан К.Л., Корягин С.И., Либерман И.В. Гибридный вычислительный интеллект. Основы теории и технологий создания прикладных систем: монография, изд. 2, дополненное. Калининград: Изд-во БФУ им.И.Канта, 2020. 340 с.
5. Бабкин А. В., Шкарупета Е. В., Плотников В. А. Интеллектуальная киберсоциальная экосистема Индустрии 5.0: понятие, сущность, модель // Экономическое возрождение России. 2021. №4 (70). С. 39-62. DOI: 10.37930/1990-9780-2021-4-70-39-62.
6. Jacobides, M. G., Cennamo, C., Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems // Strategic Management Journal. 39(8), 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>.
7. Федоров А.А., Либерман И.В., Корягин С.И., Клачек П.М. Технология проектирования нейро-цифровых экосистем для реализации концепции Индустрия 5.0 // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. Т. 14. № 3. С. 19–39. DOI: 10.18721/IE.14302
8. Полупан К. Л., Корягин С.И., Клачек П.М. Технология продвижения инновационных разработок, продукции и наукоемких услуг как инструмент создания цифровой интеллектуальной платформы «промышленность будущего» // Промышленная политика в цифровой экономике: проблемы и перспективы: труды научно-практической конференции с международным участием / под ред. А.В.Бабкина. СПб.: Политех; 2017; 123-129. DOI:10.18720/IEP/2017/18.
9. Запорожцева Л. А. Стратегия устойчивого развития предприятия с учетом уровня его экономической безопасности // Социально-экономические явления и процессы. 2014. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-ustoychivogo-razvitiya-predpriyatiya-s-uchetom-urovnya-egoekonomicheskoy-bezopasnosti> (дата обращения: 02.11.2021).
10. Квинт В. Л., Бодрунов С. Д. Стратегирование трансформации общества: знание, технологии, экономика /Монография/ – СПб.: ИНИР им. С. Ю. Витте, 2021. – 351 с.
11. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. Экономика промышленности / Russian Journal of Industrial Economics. 2021; 14(4):375-395. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>.
12. Ташенова Л.В., Бабкин А.В. Индустрия 5.0 и киберсоциальные экосистемы: сущность и особенности // Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы (ЭКОПРОМ-2021): сборник трудов Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции, 18–20 ноября 2021 г. / Под ред. д-ра экон. наук, проф. Д. Г. Родионова, д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб. ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021., 200-205 с. DOI: 10.18720/IEP/2021.3/55
13. Bonnaud S., Didier C. Industrie 4.0 & Fabrication Cognitive. Cas d’usage, Patterns d’Architecture, Solutions IBM. URL: <https://www.ibm.com/downloads/cas/N8DLLD6A> (дата обращения: 18.05.2020).
14. Шкарупета Е.В. Управление развитием промышленных комплексов в условиях реиндустриализации. Дис. ... д-ра экон. наук. М.: НИТУ «МИСиС»; 2019. 356 с
15. Тарасов И. В. Технологии индустрии 4.0: Влияние на повышение производительности промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 2. С. 62-69. <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-2-62-69>.
16. Цифровая экономика и «Индустрия 4.0»: проблемы и перспективы: труды научно-практической конференции с международным участием / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В.Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 685.
17. Schumacher A., Schumacher C., Sihn, W. Industry 4.0 Operationalization Based on an Integrated Framework of Industrial Digitalization and Automation // In Proceedings of the International Symposium for Production Research (ISPR). Switzerland; Springer, 2020, P. 301, DOI:10.1007/978-3-030-31343-2\_26

18. Gajdzik B. Development of business models and their key components in the context of cyber-physical production systems in Industry 4.0 // *Int. Rev. Scalability and Sustainability of Business Models in Circular*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2020, P. 73–94. ISBN1: 1-5275-4609-8. ISBN2: 978-1-5275-4609-7.
19. Plattform Industrie 4.0. URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>. (дата обращения 25.09.2019).
20. Luthra S, Mangla S. Evaluating challenges to industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability // *Int. Rev. Process Safety and Environment Protection*. 2018. №117. P. 168-179., <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.018>
21. Клачек П.М., Корягин С.И., Лизоркина О.А. Интеллектуальная системотехника: монография. Калининград: Изд-во БФУ им. И.Канта, 2015, 214 с.
22. Клачек П.М., Корягин С.И., Колесников А.В. и др. Гибридные адаптивные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки: монография. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2011. 375 с.
23. Бабкин А.В., Алексеева Н.С. Тенденции развития цифровой экономики на основе исследования наукометрических баз данных // *Экономика и управление*. 2019. № 6 (164). С. 16-25.
24. Андиева Е.Ю., Фильчакова В.Д. Цифровая экономика будущего. Индустрия 4.0 // *Прикладная математика и фундаментальная информатика*. 2016. № 3. С. 214—218., doi: 10.18721/JE.10101.
25. Клачек П.М., Полупан К.Л., Либерман И.В. Цифровизация экономики на основе системно-целевой технологии управления знаниями // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2019. Том 12, № 3, С. 9-19, DOI: 10.18721/JE.12301
26. Буданов В.Г. Перспективы цифровой реальности XXI века // *Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 1-й Международной конференции*. М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2018., С. 141-146.
27. Макаров В., Квинт В. Стратегическое управление и экономика на глобальном формирующемся рынке: монография. М.: Бизнес Атлас, 2012. С.626.
28. Квинт В. Л. Концепция стратегирования: монография. Т. 2. СПб.: СЗИУ РАНХиГС, 2020. 164 с.
29. Клейнер Г.Б. Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы // *Системный анализ в экономике – 2018: сборник трудов V Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Г.Б. Клейнера, С.Е. Щепетовой*. М.: Прометей, 2018. С. 5–14.
30. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М. Индустрия 5.0: инструментарий стратегического целеполагания и планирования // *Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы (ЭКОПРОМ-2021): сборник трудов Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции, 18–20 ноября 2021 г.* / Под ред. д-ра экон. наук, проф. Д. Г. Родионова, д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021., 25-32 с. DOI: 10.18720/IER/2021.3/2
31. Полупан К.Л., Корягин С.И., Клачек П.М. Развитие методов цифровой экономики на основе гибридного вычислительного интеллекта // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2018. Том 11. № 1, С.9-18., DOI: 10.18721/JE.11101.
32. Klachek P., Polupan K., Liberman I. Development of a synergetic research environment for modeling complex productive and economic systems. // *Int. Rev. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2019. Vol. 12. No. 2. P. 112-117. DOI: 10.18721/JE.12211
33. Ngoc Thanh Nguyen. *Transactions on Computational Collective Intelligence III*: Springer (англ.)рус., 2011. P.663. ISBN 978-3-642-19967-7.
34. Цифровая экономика и Индустрия 5.0: развитие в новой реальности: монография / И. В. Асланова, З. А. Ашуров, А. В. Бабкин [и др.]; под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 480 с.
35. Макаров В.Л, Клейнер Г.Б. Микроэкономика знаний: монография. М.: ЗАО Издательство "Экономика", 2007. С. 204., <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2007-9-152-154>.
36. Пентленд, Алекс. Социальная физика. Как распространяются хорошие идеи: уроки новой науки / Алекс Пентленд; [пер. с англ. Е. Ботневой]. Москва: Издательство АСТ, 2018. 351 с. (Цифровая экономика и цифровое будущее). ISBN 978-5-17-098520-3.
37. Lévy P., *World Philosophie: le marché, le cyberspace, la conscience*, Odile Jacob, Paris 2000.
38. Колесников А.В., Кириков И.А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387 с., ил. – ISBN 978-5-902030-55-3
39. Колесников А.В., Кириков И.А., Листопад С.В., Румовская С.Б., Доманицкий А.А. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / Под ред. А.В. Колесникова. — М.: ИПИ РАН, 2011. — 295 с., ил. — ISBN 978-5-902030-88-1
40. Бодрунов С.Д. Ноономика /Монография/ – М.: Культурная революция, 2018. – 432 с. ISBN 978-5-6040343-1-6
41. Булычев И. И. Виртуальная реальность: от общенаучного образа к философскому // *Ноосферные исследования*. 2022. Вып. 1. С. 30-40.
42. Федоров, А. А. Разработка и внедрение системы элитного инженерно-технического образования на основе нейроцифровой экосистемы для прорывного развития региональных экономик РФ на примере БФУ им. Канта / А. А. Федоров, А. Ю. Тыщечкая, И. В. Либерман, С. И. Корягин, П. М. Клачек // *Технико-технологические проблемы сервиса*. – 2020. – № 4 (54). – С. 91–103.
43. Старченко М. Г. Мозговая организация вербального творческого мышления. Дис. ... д-ра биологических наук. Санкт-Петербург.: Санкт-Петербургский государственный университет; 2018., 336 с. <https://dissert.spbu.ru/files/dissert2/dissert/vZJY5nYZCg.pdf>.
44. Еремин А. Л. Ноогенез и теория интеллекта. Краснодар: «Советская Кубань», 2005. 356 с.
45. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов. М: Машиностроение, 2009. 504 с., ил. ISBN 978-5-217-03441-3.
46. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы: монография. СПб: Лань, 2016., 370 с. ISBN 978-5-8114-2128-2.
47. Волькенштейн М. В. Энтропия и информация. М.: Наука, 2006. 192 с.
48. Приобретение знаний: Пер. с япон. / Под ред. С. Осуги, Ю. Саэки. – М: Мир, 1990. 304 стр. ISBN 5-03-001263-X.



Е.Ю. Плешакова<sup>1</sup>, Е.Г. Калязина<sup>2</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет,  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А*

В статье рассмотрены особенности патологий менеджмента в организациях различного типа. Актуальным вектором развития современных организаций становится наращивание проектной деятельности, осуществляется переход от функционального (процессного) к проектному менеджменту. Выявление патологий в проектных организациях, оценка их специфики дает возможность руководителю определить негативные стороны организации деятельности в компании и разработать стратегию работы с ними.

*Ключевые слова:* проектный менеджмент, патологии менеджмента, проектные организации, проектно-ориентированная деятельность.

### **PATHOLOGIES OF MANAGEMENT IN PROJECT ORGANIZATIONS**

E.Y. Pleshakova, E.G. Kalyazina

*St. Petersburg State University of Economics,*

*Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal, 30-32, letter A*

The article discusses the features of management pathologies in organizations of various types. The actual vector of development of modern organizations is the expansion of project activities, the transition from functional (process) to project management is underway. Identification of pathologies in project organizations, assessment of their specifics enables the manager to identify the negative aspects of the organization of activities in the company and develop a strategy for working with them.

*Keywords:* project management, management pathologies, project organizations, project-oriented activities.

Внедрение проектного подхода в управленческую практику современных компаний – объективное требование времени. Все организации, в той или иной степени, революционно или эволюционно начинают использовать, наряду с функциональным и процессным, проектный подход. Проектный подход к управлению предполагает рассмотрение деятельности любой организации как совокупности проектов. Актуальным становится вопрос о развитии особой разновидности менеджмента – проектном менеджменте, который как понятие, может быть определен следующим образом:

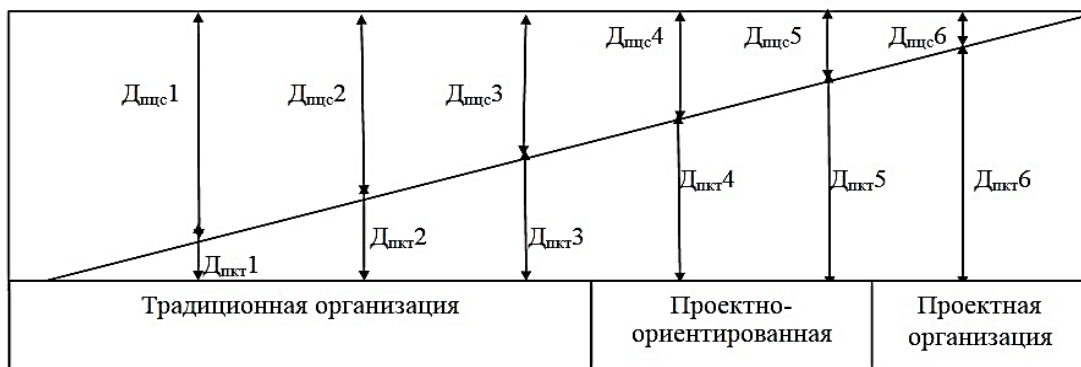
Проектный менеджмент – это управленческая деятельность, направленная на создание в традиционной организации благоприятных условий для выполнения проектов как специфической деятельности, ориентированной на краткосрочную цель [1].

Приведенное выше определение проектного менеджмента отражает, в том числе и процесс трансформации традиционной организации в проектную или проектно-ориентированную. При нарастании объема проектно-ориентированной деятельности традиционные организации начинают трансформироваться в проектные (рис.1).

требуют учета специфики проекта (ограниченные ресурсы, время, уникальность продукта проекта). Также управление проектами не определяется и подходом функциональным, поскольку функциональные области деятельности, включающие однородные виды деятельности и процессы, необходимые для успешного функционирования предприятия (например, производство, логистика, персонал, финансы и т.д.), не гарантируют выполнение узкоспециализированных задач, требующих привлечения высококвалифицированных специалистов на определенный срок (продолжительность проекта).

<sup>1</sup>Плешакова Елена Юрьевна – доктор экономических наук, профессор кафедры проектного менеджмента и управления качеством, тел.: +7 921 417-48-98, e-mail: pleshakova.helen@gmail.com;

<sup>2</sup>Калязина Елена Геннадьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры проектного менеджмента и управления качеством, тел.: +7 911-819-23-19, e-mail: kalyazina.elena@gmail.com.



$D_{фцс}$  – доля функционального (процессного) менеджмента;  
 $D_{пкт}$  – доля проектного менеджмента.

<b>Сокращение функционального (процессного) менеджмента</b>	
$D_{фцс1}$	Появление отдельных намерений перехода к проектному менеджменту
$D_{фцс2}$	Внедрение отдельных организационно-управленческих новшеств как проектов
$D_{фцс3}$	Во вспомогательных и управленческих проектах происходит переход к проектному управлению
$D_{фцс4}$	Заметное сокращение доли процессного управления в основной деятельности
$D_{фцс5}$	Выраженная тенденция управлять основной деятельностью как совокупностью проектов
$D_{фцс6}$	Отказ от процессного управления в пользу проектного менеджмента
<b>Нарастание проектного менеджмента</b>	
$D_{пкт1}$	Отдельные проявления намерений управлять проектами
$D_{пкт2}$	Единичные проекты во вспомогательных процессах
$D_{пкт3}$	Проектный менеджмент во вспомогательных процессах и процессах управления становится заметным явлением
$D_{пкт4}$	Появляются проекты в основной деятельности. Проекты во вспомогательных и управленческих процессах становятся обыденностью
$D_{пкт5}$	Проектный менеджмент в основных процессах становится заметным явлением
$D_{пкт6}$	Управление основной деятельностью воспринимается как проектный менеджмент

Рисунок 1 – Процесс перехода от традиционной организации к проектной

Проектный подход к управлению существенно отличается от процессного подхода [2], представляющего собой совокупность взаимосвязанных действий (процессов) в организации, таких как планирование, организация, мотивация, контроль. Методы и технологии выполнения задач проекта

На сегодняшний день проектный менеджмент представляет собой отдельную дисциплину с высоким научным и практико-ориентированным потенциалом. Стандартизация в области управления проектами (ICB, PMBoK Guide, ISO 21500:2021, 21502:2020 и др.) подтверждает исключительность данной области, выделяет принципы и концепции организации проектной деятельности.

Повышение эффективности управления проектами является актуальной темой для научных исследований. Таким потенциалом, по мнению авторов, обладает инструментарий по выявлению и предупреждению патологий менеджмента.

Под *патологией менеджмента*, по версии научной школы СПбГЭУ, понимается устойчивая (постоянно действующая) причина

невозможности в полном объеме достичь поставленной цели, несмотря на все усилия менеджмента. Патологии связаны не с ошибками менеджмента, которые можно исправить, а с укоренившимся образом действий и стереотипами мышления менеджеров, как в стратегии, так и в тактике управления организацией.

Профессором Цветковым А.Н. в монографии «Качество менеджмента: методические подходы к измерению и инструментарий оценки» [3] обобщены различные научные подходы оценки качества менеджмента: результатный, на основе стандартов, функциональный, инверсный и патологичностный. Последний, по праву можно считать наиболее апробированным, поскольку за период 2011-21 гг. силами научной школы СПбГЭУ сформирована обширная эмпирическая база результатов исследования более 500 организаций различных форм собственности, видов и масштабов деятельности, функционирующих на территории РФ, преимущественно в Северо-Западном регионе.

В 2017 году в рамках научно-исследовательской темы «Разработка методики оценки ка-

чества управления в органах власти», финансируемой за счет внутренних средств СПбГЭУ, были выявлены патологии менеджмента в органах власти Санкт-Петербурга и Ленинградской области [4].

В таблице 1 приводятся наиболее распространенные (значимые) патологии менеджмента в организациях различной направленности.

Таблица 1 – Наиболее значимые патологии менеджмента в различных организациях

Производители продукции и услуг	Органы власти
Бессубъектность	Мотивирование профессионала должностью
Аппаратный прессинг при принятии решений	Антиинновационное поведение
Господство управленческой структуры над основной функцией	Господство управленческой структуры над основной функцией
Игнорирование организационного порядка	Управленческая алчность
Преобладание личных отношений над служебными	Аппаратный прессинг при принятии решений
Дублирование организационного порядка	Приверженность патернализму

Из таблицы 1 видно, что патологии менеджмента в органах власти существенно отличаются от патологий, присущих организациям – производителям товаров и услуг. По наиболее «значимым» патологиям наблюдается всего два совпадения:

- Господство управленческой структуры над основной функцией
- Аппаратный прессинг при принятии управленческих решений.

Эти наблюдения приводят к выводу, что неэффективность управления в производящих и управляющих организациях проявляется по-разному и характеризуется различными негативными моментами или патологиями. Развитие данного исследования получило в формулировании гипотезы о выделении и обосновании патологий менеджмента в проектных и проектно-ориентированных организациях различных отраслей.

На базе Санкт-Петербургского государственного экономического университета в период 2019 – 2022 гг. были проведены исследования патологий менеджмента в проектных организациях в рамках дисциплины «Качество управления в проектной организации». Объектом анализа выступали как проектные организации, так традиционные, осуществляющие проектную деятельность. Всего в исследовании участвовали более 40 компаний.

Характеристика известных патологий менеджмента и их оценка применительно к проектным и проектно-ориентированным организациям представлены в таблице 2.



Рисунок 2 – Отраслевая направленность исследуемых организаций

Таким образом, патологиями менеджмента, которые возникают чаще остальных в проектных организациях, являются господство структуры над функцией, мотивация вертикалью, бессубъектность, трудовой подвиг, управленческая алчность, легизм и демонстративно-формальное соответствие. Именно эти патологии несут в себе потенциальную угрозу для успешной реализации проекта, поэтому руководителю проекта необходимо применять меры по предотвращению и профилактике вышеуказанных патологий. Способы борьбы могут быть разными, в первую очередь, фокус внимания должен быть направлен на четкое планирование проекта, грамотную выстроенную систему коммуникаций и повышение уровня самоорганизации проектных команд



Таблица 2 – Патологии менеджмента в проектной деятельности современных организаций

Поз.	Патология, краткая характеристика	Особенности возникновения патологии в проектных организациях	Оценка частоты возникновения патологии <sup>9</sup>
1	Патология «Приверженность патернализму». <i>Патернализм находит свое выражение в родительско-детской модели организационного поведения.</i>	Патология может быть актуальной для проектной деятельности, так как часто руководитель проекта «тянет» свою команду, прощая безответственность и некую несерьезность. Современные организации стремятся к высокому уровню самоорганизации проектных команд, которые состоят из высококвалифицированных, кроссфункциональных специалистов (с междисциплинарными знаниями из различных областей), но пока это остается вектором развития проектного менеджмента и особенностью небольших проектных групп с большим опытом реализации проектов со стабильным штатным составом.	++
2	Патология «Вождизм». <i>Менеджер становится не лидером, а вождем.</i>	Нехарактерно для современной проектной деятельности, так как проект – это, в первую очередь, ограниченная по времени деятельность, и в данных условиях бессмысленно удерживать власть на долгий срок всеми возможными способами.	+
3	Патология «Клан». <i>Тип организации, который характеризуется замкнутой группировкой людей, объединённых деловыми и иными отношениями, отстаивающая свои общие интересы.</i>	Патология не часто возникает в проектной деятельности, она более характерна для крупных компаний и корпораций. Клан как патология встречается в традиционных проектных организациях, например, в строительных корпорациях, где возникают благоприятные условия для неких группировок, заинтересованных в лучших объектах для застройки, земельных участках, инфраструктуре, административных ресурсах и т.д.	+
4	Патология «Кратократия». <i>В условиях кратократии происходит замена закона и правил властными решениями.</i>	Неактуально ввиду большого количества заинтересованных сторон и внимания со стороны заказчика, высокого уровня регламентации процесса реализации проекта.	+
5	Патология «Тирания». <i>Характеризуется стремлением лидера сохранить власть любой ценой.</i>	Как правило, руководитель проекта обладает необходимой компетентностью и профессионализмом, ему не нужно удерживать собственную власть, поэтому патология не актуальна.	+
6	Патология «Господство структуры над функцией». <i>Структурные подразделения, имеющие функциональные полномочия, чрезмерно загружают функционально подчиненные им основные подразделения, что мешает выполнять им свои основные функции.</i>	Патология может встречаться, так как для некоторых проектов характерна подробная, «чрезмерная» отчетность перед функционерами. Также данная патология распространена при матричной организационной структуре: проектные команды отчитываются перед функциональными подразделениями: в случае привлечения специалистов отделов (согласуются сроки и условия работы в проекте) и использования производственной базы.	+++
7	Патология «Автаркия подразделений». <i>В основе этой патологии - замкнутость структурных под-</i>	Актуально для проекта в традиционных, непроектных организациях, где проекты не являются основной деятельностью компании. Руководитель проекта, желающий получить квалифицированного исполнителя на проект, часто	++

<sup>9</sup> Примечание: + – патология не актуальна, возникает редко; ++ – патология актуальна при определенных условиях, сложившемся порядке в организации; +++ – патология актуальна, возникает часто.

	<i>разделений на собственных задачах и игнорирование интересов исполнителей проекта.</i>	сталкивается с тем, что этот исполнитель уже задействован в нескольких проектах. Кроме того, на квалифицированном сотруднике как на профессионале лежит высокая степень нагрузки в производственном процессе его подразделения. Руководитель функционального подразделения, понимая, что выведение этого сотрудника из процесса может негативно отразиться на производстве работ подразделения, пытается выделить на проект других, более свободных, иногда менее квалифицированных сотрудников. В проектных организациях эта проблема не столь острая. Руководители подразделений понимают, что их задача – наиболее эффективно использовать свои ресурсы. Они стараются максимально выгодно «продать» своих специалистов в проекты компании.	
8	Патология «Аппаратный прессинг при принятии решений». <i>Бесконтрольность вспомогательного аппарата и неограниченное доверие, которое им оказывает высшее руководство.</i>	Патология может возникнуть в проектной организации также как в традиционных организациях, в случае, когда помощники, консультанты имеют власть над лицом, принимающим решение.	++
9	Патология «Мотивация вертикалю». <i>Эта патология в своей основе имеет назначения на должность менеджера людей, профессиональных в своей области, но не способных быть менеджерами.</i>	Актуально для проекта и проектной деятельности, когда в качестве руководителя проекта выступает профессионал своего дела, знающий все нюансы и детали проекта, но неспособный быть грамотным управленцем.	+++
10	Патология «Конфликт с переходом на личности». <i>У топ-менеджмента нет привычки управлять конфликтами, поэтому конфликты переходят на личности и либо разрушают, либо осложняют коммуникации между структурными подразделениями.</i>	Конфликты интересов в проектной команде неизбежны, и не всегда получается решать их демократичным путем без перехода на личности.	++
11	Патология «Бессубъектность». <i>Эта патология заключается в том, что очень трудно бывает найти в организации субъект принятия решения в конкретной ситуации.</i>	Патология возникает в проектной деятельности при матричной и сетевой организационной структуре в компании. Ответственные за определенные функциональные области проекта или проектные работы не входят в проектную команду, а являются представителями функциональных подразделений организации или организации-подрядчика, аутсорсера. Заинтересованным лицам проекта для решения специализированного вопроса требуется значительное время на поиски того самого лица, принимающего решение в конкретном случае. При правильной организации проектной деятельности и выстроенной системе коммуникации руководитель проекта имеет возможность оперативно решать поступающие вопросы и задачи с привлечением всех необходимых участников проекта.	+++
12	Патология «Преобладание личных отношений над служебными».	Патология может быть актуальна, когда в команде проекта присутствуют люди, которых, в	+

	<i>В работу привносятся родственные (непотизм) или дружеские (кронизм) отношения.</i>	первую очередь, связывают личные отношения, а не профессиональные. Но возникновение такой патологии, скорее, исключение, чем правило. Такой вывод обуславливается прозрачностью работы команды в проекте: рамки сроков, бюджета, технического задания вынуждают трудиться в полную силу, увливать от исполнения обязанностей долго не получится. Распространенной является ситуация, когда руководитель проекта или проектного офиса привлекает на проект свою команду, то есть тех специалистов и подрядные организации, с которыми он давно сотрудничает и уверен в их компетенциях.	
13	Патология «Трудовой подвиг». Характеризуется злоупотреблением менеджмента подвижным движением. Организация или проект может обрушиться внезапно, как рушится мост из-за «усталости» металла. В коллективе назревает усталость от «подвигов», происходит «выгорание».	Весьма часто встречается в проектной деятельности. В связи с ограниченными сроками, ресурсами проектная команда зачастую трудится «на износ». Дедлайны этапов сдачи проекта являются благоприятной средой для трудового подвига, когда все участники работают под грузом ответственности перед руководителем проекта и заказчиком. Перманентный трудовой подвиг может иметь место в любой компании с любой формой организации деятельности, но при частом явлении переработок следует пересмотреть систему планирования работ, достаточность штатного и привлеченного персонала, адекватность желаний заказчика.	+++
14	Патология «Дублирование организационного порядка». Проявляется в напоминании со стороны менеджмента посредством приказов и распоряжений о необходимости выполнять служебные обязанности, определенные должностной инструкцией.	Патология может быть актуальна для проекта и проектной деятельности при низкой самоорганизации участников проекта, а также низкой заинтересованности в достижении результатов проекта.	++
15	Патология «Игнорирование организационного порядка». Эта патология проявляется в действиях менеджера, когда он отдает распоряжения через несколько уровней вниз по скалярной цепи.	Не характерно для проекта и проектной деятельности, так как организационная структура проекта не включает в себя множество уровней власти.	+
16	Патология «Демотивирующий стиль руководства». Негативными последствиями данной патологии является уход способных сотрудников, которые обижаются на демотивирующий стиль управления, вялое исполнительство оставшихся.	Может быть актуально для проекта и проектной деятельности, если руководитель проекта использует демотивирующий стиль руководства командой проекта.	+
17	Патология «Приверженность пассивному риску».	Проект предполагает достижение цели – продукта проекта с определенными заданными характеристиками и ценностью, поэтому патология	+

	<i>Следование данной патологии ориентирует организацию на стагнацию, результатом которой будет снижение эффективности и устойчивое целенедостижение.</i>	не актуальна для проекта и проектной деятельности. Устойчивое целенедостижение приводит к обесцениванию как проектной команды, так и проектной деятельности в организации в целом.	
18	Патология «Приверженность количественному росту». Все усилия менеджмента сосредоточиваются на росте количественных показателей, на расширении организации, увеличении доли рынка, росте объемов прибыли и т.п. Ориентация только на количественный рост может приводить к тому, что этот рост не сопровождается развитием.	Не актуально для проекта и проектной деятельности, так как обычно проект преследует заранее определенные цели.	+
19	Патология «Информационная фобия». Эта патология заключается в том, что менеджер опасается нежелательного распространения некоторой информации по неформальным каналам через членов команды (своих заместителей). Поэтому не доверяет им. А недоверие губит команду.	Патология может быть актуальна для проекта и проектной деятельности в случае высокой ценности информации от стейкхолдеров проекта. Руководитель проекта может использовать ее в своих карьерных интересах, не передавая проектной команде и высшему руководству проектной организации.	++
20	Патология «Угроза статусу». Угроза статусу может иметь место, если топ-менеджер объективно существенно превосходит членов своей команды по компетентности и профессионализму. Тогда они, подавленные превосходством высшего руководителя, будут заведомо соглашаться со всеми его высказываниями.	Ситуация не часто встречается в проектной деятельности ввиду разнообразия привлекаемых специалистов. Руководитель проекта не должен обладать всеми специальными компетенциями, необходимым на проекте, прежде всего, он должен быть хорошим управленцем: лидером, координатором и т.д. Несомненно, базовая подготовка по отрасли проекта нужна, но узкоспециализированные знания по всем областям должны быть у членов проектной команды и привлекаемых подрядчиков.	+
21	Патология «Управленческая алчность». Эта патология заключается в стремлении замкнуть на себя все связи и решения, не доверяя своим заместителям – членам команды.	Патология возникает в проекте достаточно часто. Руководитель проекта как лицо ответственное за конечный результат может проявлять излишнюю опеку, как над подчиненными, так и над стейкхолдерами, замыкая на себя не только все прямые контакты (например, с заказчиком), но и принятие решений в тех отраслях, где он не является компетентным. Здесь же отражается необходимость не только доверия команде, но вопрос самоорганизации сотрудников.	+++
22	Патология «Гиперинновационность». Эта инновационная патология приводит к расточительству всех видов ресурсов и в целом снижает эффективность менеджмента. Неоправданно широкий спектр новых изделий и услуг определяется как вариофикация.	Не характерно для проектной деятельности ввиду ограниченности ресурсов и прозрачности работы команды.	+
23	Патология «Антиинновационное поведение».	Не актуально ввиду инновационного характера проектной организации работ.	+

	<i>Эта патология является отражением общесистемного свойства: система стремится сохранить саму себя, поэтому отторгает инновации.</i>		
24	Патология «Бюрократическая инновация». <i>Патология выражается в ситуации быстрого реагирования на воздействия внешней среды. Сотрудники вместо реальных действий демонстрируют бурную деятельность, которая выражается в проведении совещаний, внесении изменений в должностные инструкции и т.п.</i>	Патология не актуальна ввиду прозрачности деятельности проектной команды с четко обозначенными ролями и функционалом.	+
25	Патология «Легизм». <i>Эта патология проявляется, когда буквальное исполнение нормативного акта, приказа, распоряжения наносит социальный вред: вредит как работе, проекту, так и отдельному человеку.</i>	Патология актуальна для проектной организации. Проект сопровождается большим количеством документации, регламентирующей каждый этап проектных работ. Важно, чтобы руководитель проекта и члены проектной команды критически относились к соответствию нормативных документов и сложившейся ситуации в реальном времени, принимали решения, основываясь не только на предписаниях, но и на здравом смысле.	+++
26	Патология «Демонстративно-формальное соответствие». <i>Эта патология выражается в умышленном соответствии только формальным требованиям.</i>	Патология характерна для проектной организации. В проектной деятельности очень важны коммуникации и обратная связь от заказчика (спонсора, инвестора, куратора и остальных заинтересованных лиц). Фреймворки семейства Agile направлены на устранение и предупреждение данной патологии. MVP продукта позволяет «слышать» заказчика, вносить коррективы на всех этапах работы, а не формально следовать техническому заданию, сформулированному на этапах инициации и планирования проекта и другим устным и письменным договоренностям между заказчиком и исполнителем. Негибкость руководителя проекта может проявляться в демонстрации конечного результата проекта, обозначенного в уставе проекта и других документах, вместо открытого обсуждения со стейкхолдерами и соответствующих корректировок по ходу реализации проектных работ.	+++

Выделение патологий менеджмента, часто встречающихся в проектных и проектно-ориентированных организациях, обладает научным потенциалом для дополнительного изучения в целях повышения качества управления проектами.

### Литература

1. Горбашко, Е. А. Проектный менеджмент: Учебное пособие / Е. А. Горбашко, Е. Г. Калязина, А. Н. Цветков; Под ред. Е.А. Горбашко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – 204 с.

2. Калязина Е.Г., Плешакова Е.Ю., Цветков А.Н. Проектный менеджмент: трактовки, особенности и векторы развития; Теория и практика общественного развития. 2020. № 8 (150). С. 49-57.

3. Борейшо, А. А. Качество менеджмента: методические подходы к измерению и инструментарий оценки / А. А. Борейшо, А. Н. Цветков. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – 134 с.

4. Цветков А.Н., Плешакова Е.Ю. Измерение патологичности менеджмента как инструмент оценки конкурентоспособности организаций; Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 10 (57). С. 790-795.

## РАЗВИТИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УНИВЕРСИТЕТОВ И РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

В.А. Клименко<sup>1</sup>, Т.В. Сергиевич<sup>2</sup>, Д. Булднаа<sup>3</sup>, Д. Одмаа<sup>4</sup>, Ж. Буянхишиг<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Исполнительный комитет СНГ, Республика Беларусь, 220030, Минск, ул. Кирова, 17;

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет (БНТУ),  
Республика Беларусь, 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65;

<sup>3,4,5</sup>Монгольский национальный университет науки и технологий,  
Монголия, 13381, г. Улан-Батор, район Баянзурх, 2-ой микрорайон, п/я 313

Статья посвящена исследованию факторов развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики в современных условиях. Выделены и содержательно рассмотрены такие факторы как переход к экономике знаний; рост геополитической напряженности; повышение роли социально-научного сообщества; терциализация экономики; технологическая модернизация промышленных предприятий; наращивание социального капитала университетов и предприятий; персонификация маркетинговых и административных функций университетов; активная государственная политика в отношении развития исследуемого взаимодействия; изменение форм трудовой мотивации; разработка механизмов согласования интересов университетов и субъектов реального сектора экономики.

*Ключевые слова:* модель тройной спирали, университеты, промышленные предприятия, реальный сектор экономики, социальный капитал, интересы, инновационное развитие.

### EVOLUTION OF UNIVERSITIES AND THE REAL SECTOR OF THE ECONOMY INTERACTION

V.A. Klimenko, T.V. Serhiyevich, B. Dolgor, D. Odmaa, J. Buyankhishig  
CIS Executive Committee, Republic of Belarus, 220030, Minsk, Kirova str., 17  
Belarusian National Technical University (BNTU),  
Republic of Belarus, 220013, Minsk, Nezavisimosti Avenue, 65  
Mongolian University of Science and Technology  
Mongolia. 13381, Ulaanbaatar, MUST Building 5, Ikh toiruu, 2nd khoroo, Bayanzurkh district,  
p/o box 313

The article is devoted to the study of the factors of universities and the real sector of the economy interaction evolution in modern conditions. We researched such factors as the transition to a knowledge economy; growing geopolitical tensions; enhancing the role of the social and scientific community; tertialization of the economy; technological modernization of industrial enterprises; building up the social capital of universities and enterprises; personification of marketing and administrative functions of universities; active state policy regarding the development of the researched interaction; change in the forms of labor motivation; development of mechanisms for coordinating the interests of universities and subjects of the real sector of the economy.

*Key words:* triple helix model, universities, industrial enterprises, real sector of the economy, social capital, interests, innovative development.

Исследование развития взаимодействия и описание факторов, которые обуславливают университетов и реального сектора экономики в названное взаимодействие в современных условиях предполагает выявление

<sup>1</sup>Клименко Валерий Адамович – доктор социологических наук, профессор, советник, e-mail: vak\_@tut.by;

<sup>2</sup>Сергиевич Татьяна Владимировна – доцент, доцент кафедры «Экономика и право», кандидат экономических наук, доцент, тел.: +375172929354, e-mail: serhiyevich@gmail.com;

<sup>3</sup>Булднаа Долгор – кандидат философских наук, профессор кафедры социальных наук института делового администрирования и гуманитарных наук, e-mail: dolgor@must.edu.mt;

<sup>4</sup>Дангаасурэн Одмаа – кандидат педагогических наук, доцент кафедры социальных наук института делового администрирования и гуманитарных наук, e-mail: odmaadangaa@gmail.com;

<sup>5</sup>Жаргалсайхан Буянхишиг – преподаватель кафедры социальных наук Института делового администрирования и гуманитарных наук e-mail: buynaa915@mail.ru.

При описании данного явления следует опираться на разработанные ранее теоретико-методологические принципы, на которых должно строиться это взаимодействие, а именно «равенства форм собственности; признания множественности институциональных форм участия университетов в капитализации их технико-организационных и технико-технологических разработок; создания сети коммуникаций тройной спирали; необходимости создания социально-научного сообщества; признания уникальности организационно-экономических механизмов внедрения научных разработок в промышленности» [1, с. 54]. К факторам развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики нами будут относиться те явления общественной жизни, которые оказывают существенное влияние на исследуемый объект. При этом следует учитывать, что факторы всегда динамичны, их влияние на рассматриваемое взаимодействие может усиливаться или снижаться.

Первым фактором развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики является переход к экономике знаний, в которой «ключевым фактором конкурентоспособности государства становится распространение в национальных инновационных системах новых знаний и технологий, что делает актуальным рассмотрение новых концепций эффективного взаимодействия институтов национальной инновационной системы» [2, с. 26]. Университеты, промышленные предприятия, технопарки, бизнес-инкубаторы и др. являются субъектами национальной инновационной системы, участвующими в преобразовании знаний как экономического ресурса в знания как фактор производства. Повышение роли знаний (и университетов как их источников) в новом типе общества *«выражается в изменении соотношения факторов производства (ведущее место занимают знания и информация) и имеет место трансформация структуры добавленной стоимости (в ней возрастает доля стоимости, созданная интеллектом)»* [3, с. 37–38]. В этих условиях университет начинает выполнять новые функции, связанные с превращением нового знания в инновацию. «Основными функциями университета в экономике знаний становятся функции информационного интегратора в обществе, производство нового знания через научно-исследовательскую деятельность и использование потенциала новых технологий, передача знания через образование и развитие человеческих ресурсов, вклад в социальное и культурное развитие городов, регионов и страны в целом, содействие развитию

инноваций на региональном и общенациональном уровнях» [2, с. 28]. Новые формы взаимодействия университетов и предприятий в экономике знаний и присвоение субъектами этого взаимодействия новых функций в соответствии с моделью тройной спирали направлены на создание механизмов коммерциализации науки и получение синергетических эффектов от этого взаимодействия.

Следующим фактором развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики является рост геополитической напряженности, экономическая составляющая которого выражается в усилении межстрановой экономической конкуренции в получении всех видов ресурсов и доступа к рынкам сбыта, нарастающем международном санкционном давлении, ограничении доступа к зарубежным высоким технологиям, массовом применении новых общественно-функциональных технологий в конкурентной борьбе [4, с. 46], в том числе экономической. Если мы не хотим оказаться на мировой технологической периферии, то все перечисленное должно стать стимулирующим фактором развития отечественной науки и технологий и роста спроса бизнеса на эти результаты. Беспрецедентное экономическое давление в нарушение норм международного права, с которым сталкиваются Российская Федерация и Республика Беларусь, остро ставит проблему необходимости ускорения научно-технологического развития во многих сферах, требующего масштабных инвестиций, а также переориентирует вектор международного научного и технологического сотрудничества как для университетов, так и для реального сектора экономики.

В этой связи важнейшим фактором развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики является повышение роли социально-научного сообщества. «В экономической литературе при рассмотрении институциональных последствий современных технологических и геоэкономических реалий уделяется крайне мало внимания становлению такого важнейшего института, персонифицирующего процесс превращения науки в непосредственную производительную силу, как социально-научное сообщество» [5, с. 651]. Для повышения продукционного вклада социально-научного сообщества в технико-технологическое и экономическое развитие как Республики Беларусь, так и Российской Федерации необходимо «обеспечение высокоэффективной инвестиционной политики, ориентированной на поддержку научного сектора» [6, с. 304]. Очень важна при этом созидательная гуманистическая

миссия науки – предпринимательский университет «признает значение социально-гуманитарных наук для инноваций, которые должны способствовать решению глобальных проблем, стоящих перед человечеством» [7, с. 129].

Как отмечается в научной литературе, во-первых, «в основе взаимодействия лежит функциональная связь, которая устанавливается между различными относительно обособленными объектами, субъектами, явлениями, во-вторых, взаимодействие всегда предполагает некоторую общность между субъектами, в-третьих, сами они (объекты, субъекты, явления) находятся в движении и взаимообусловлены» [2, с. 27]. Межсубъектное взаимодействие предполагает наличие заинтересованности субъектов взаимодействия в использовании активности партнера взаимодействия для удовлетворения своих потребностей. Заинтересованность университетов (в особенности, технического профиля) во взаимодействии с реальным сектором экономики заключается, прежде всего, в возможности получения доступа к экономическим ресурсам промышленных предприятий, позволяющим укреплять материально-техническую базу университета и повышать экономические стимулы реализации НИОКР, используя возможности коммерциализации научно-технических знаний. Помимо этого, связь с потенциальными работодателями расширяет возможности прохождения практик студентов и последующего трудоустройства выпускников. Для реального сектора экономики наращивание сотрудничества с университетом, наряду с доступом к воспроизводству трудовых ресурсов, помогает преодолеть барьеры трансфера технологий из науки в производство, предоставляет доступ к «новым знаниям и ведущим краевым технологиям», к «более широкой сети экспертизы проектов» [8, р. 153] и др. «Рассматривая мотивы взаимодействия (с вузами и научно-исследовательскими институтами – прим. авт.) со стороны промышленного предприятия, – пишут М. А. Молодчик и А. А. Быкова, – стоит выделить снижение рисков при проведении НИОКР, в том числе за счет привлечения квалифицированных кадров» [9, с. 44]. Тенденция увеличения доли услуг промышленного характера, к которым относятся НИОКР, осуществляемых в форме аутсорсинга, в целом соответствующая процессам терциализации экономики, способствует расширению взаимодействия университетов и реального сектора экономики. Следует особо подчеркнуть, что рост взаимодействия в области выполнения НИОКР не вступает в противоречие с наличием и развитием собственных подразделений НИОКР на предприятиях. Более

того, российские исследователи пришли к выводу, что «наибольшую активность во взаимодействии с внешними источниками проявляют те предприятия, которые сами активно занимаются НИОКР, что позволяет успешно интегрировать знания, полученные от внешних партнеров, в инновационный процесс компаний» [9, с. 45], тем самым подтвердив, что технологическая модернизация промышленных предприятий даже при наличии собственных подразделений НИОКР стимулирует их взаимодействие с внешними организациями, оказывающими такие услуги, включая университеты. В этих условиях потенциал модели тройной спирали позволяет сформировать конкурентные преимущества университетов перед научно-исследовательскими институтами и прочими организациями, оказывающими услуги НИОКР. Таким образом, технологическая модернизация промышленных предприятий, порождающая рост спроса на услуги НИОКР, сама по себе выступает важнейшим фактором развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики даже при отсутствии существенных институциональных преобразований форм этого взаимодействия.

В качестве следующего фактора развития взаимодействия университетов и предприятий следует выделить наращивание социального капитала названных субъектов с возможностями его конвертации в капитал экономический. Известно, что «функциональное назначение социального капитала в экономической системе общества, в макро- и микроэкономических системах заключается в оптимизации (т. е. снижении трансакционных издержек) взаимодействия субъектов в процессе их хозяйственной деятельности» [10, с. 95]. Следовательно, чем выше социальный капитал на уровне университетов и предприятий, руководства, трудовых и научных коллективов, отдельных ученых и работников, тем меньших трансакционных издержек требует формирование и реализация устойчивого взаимодействия. Наращивание социального капитала происходит за счет личных контактов руководителей организаций и научных коллективов, формальных и неформальных форм взаимодействия с трудоустроенными выпускниками, приглашения представителей реального сектора экономики на конференции и другие научные и научно-практические мероприятия, круглые столы, диалоговые площадки, для выступлений с публичными лекциями. Рост деловых контактов, увеличение уровня доверия между университетами и предприятиями способствует формированию новых институтов генерирования



идей и внедрения инноваций. «Контакты и активность должны включать не только управленческий, но и операционный уровень, – справедливо отмечается в литературе по этому поводу. – Речь идет о регулярном взаимодействии, непрерывной обратной связи, взаимном обмене информацией» [11, р. 231]. Рост социального капитала способствует снижению транзакционных издержек и в поиске трудовых ресурсов, увеличивает доступ к информации, повышает вероятность долгосрочного эффективного взаимодействия. Нарращиванию социального капитала как фактора взаимодействия университетов и реального сектора экономики будет способствовать персонификация маркетинговых и административных функций университетов (налаживание контактов, анализ рынка, продвижение образовательных услуг и т. д.) специалистами, не выполняющими непосредственно научные исследования и образовательные услуги.

Следующим фактором развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики является активная государственная политика в данной сфере. И если исследованию государственной поддержки реального сектора экономики с целью повышения его инновационной активности в научной литературе уделяется достаточно внимания (например, [12, 13]), равно как и значимости повышения «качественного уровня человеческого капитала посредством целевого финансирования» [14, с. 97] как важнейшего фактора, «предопределяющего уровень инновационного развития государства» [14, с. 97], то развитие институтов взаимодействия университетов и реального сектора экономики исследовано недостаточно. «Стремление политиков коммерциализировать академические знания» [11, р. 221] может выражаться в изменении форм государственной поддержки [15, 16] (например, предоставление налоговых льгот или государственного софинансирования при выполнении научно-исследовательских проектов отечественными авторскими коллективами или с их участием по заказу промышленных предприятий, критерии значимости проектов для социально-экономического развития страны должны дополнительно вырабатываться); в формировании новых институтов такого сотрудничества; в стимулировании развития университетской науки и повышении ее престижа; увеличении репутационного капитала университетов. Следует согласиться с исследователями, которые подчеркивают: «Нельзя ожидать, что все университеты будут действовать схоже при сотрудничестве с промышленностью и, таким образом, вносить одинаковый вклад в экономиче-

ское развитие. Сотрудничество между университетами и промышленностью зависит от типов и структур процессов обмена знаниями, в которые вовлечены эти организации. Это, в свою очередь, может способствовать или препятствовать использованию университетских знаний в качестве конкурентного актива, стимулирующего экономический рост конкурентоспособных и неконкурентоспособных регионов» [17, р. 9]. Государству следует уделить внимание решению проблемы институциональной разобщенности университетов и реального сектора экономики, которая препятствует трансферу технологий в экономике, путем создания институтов взаимодействия между ними.

Как и любое взаимодействие относительно обособленных самостоятельных субъектов, взаимодействие университетов и предприятий сопровождается проблемой противоречия их интересов. «Данные субъекты преследуют разные цели и сталкиваются с разными ограничениями, – справедливо отмечается в литературе по поводу взаимодействия университетов и предприятий. – Этот контраст потенциально повышает ценность сотрудничества, но в то же время является источником затруднений» [11, р. 222]. Противоречие интересов наблюдается на всех этапах взаимодействия между университетами и реальным сектором экономики. Так, при открытии новых специальностей, формировании новых учебных планов и учебных программ университеты не могут исходить исключительно из потребностей реального сектора экономики и не учитывать собственный научно-образовательный и кадровый потенциал. Кроме того, при разработке перспектив открытия новых специальностей, направлений специальностей и профилизаций университеты ориентируются на существующие тенденции и прогнозы будущей потребности в кадрах определенной квалификации, которые, как и любые прогнозы, носят до известной степени вероятностный характер. В то время как даже при корректно спрогнозированной потребности в кадрах определенной квалификации необходим временной лаг в несколько лет для открытия новых специальностей, направлений специальностей и профилизаций, подготовки и выпуска специалистов по ним, проведение технологической модернизации требует соответствующих специалистов (желательно, обладающих опытом работы) уже сегодня.

Противоречие интересов выражается и в том, что университеты вынуждены подстраиваться под существующий спрос со стороны реального сектора экономики, набирая определен-

ное количество абитуриентов по соответствующим специальностям, и, в ущерб своим интересам, во избежание дисбалансов на рынке труда ограничивать количество поступающих абитуриентов по специальностям, пользующихся большим спросом. Конфигуратором данного процесса выступает государство в лице министерства образования, учитывая задачи экономического развития и регулирования рынка труда. В то же время поиск конкретных механизмов сглаживания противоречий баланса спроса и предложения на рынке образовательных услуг и баланса спроса и предложения на рынке труда становится преимущественно задачей университета.

Еще одним этапом взаимодействия университетов и реального сектора экономики, на котором наблюдается столкновение их интересов, является выпуск специалистов на рынок труда. Университет должен обеспечивать воспроизводство собственных научно-образовательных кадров (желательно расширенное), за лучших из которых уже на последних курсах учебы складывается конкуренция среди потенциальных работодателей. Впрочем, такая ситуация характерна не только для выпускников вузов, но и для самих работников. М. А. Молодчик и А. А. Быкова пишут по этому поводу, что «переход сотрудника (преподавателя-исследователя) на промышленное предприятие часто приводит к "утечке мозгов", и если процесс приобретает характер устойчивого тренда, у стороны, теряющей кадры (в данном случае эту роль исполняет вуз), возникает ощущение несправедливости системы в целом и желание препятствовать дальнейшему развитию связей, ведущему к переманиванию и потере ценных работников» [9, с. 47]. В результате, если действие материальных стимулов перевешивает, университет теряет потенциальных ученых, ведь после длительного опыта работы в реальном секторе экономики вернуться в сферу науки и образования довольно затруднительно. В этой связи в качестве еще одного фактора развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики следует выделить изменение форм трудовой мотивации в сторону увеличения значения нематериальных стимулов к труду (творческий интерес, реализация личностного интеллектуального потенциала, возможности воплощения идей на практике и т. д.). Наблюдаемый в современном обществе «характер изменения системы потребностей и системы способностей определяет динамику мотивации труда. Становление и развитие цифровой экономики невозможно без опережающего роста человеческого капитала и

увеличения его вклада в расширенное воспроизводство иных видов капитала, что требует внедрения новых форм мотивации труда» [18, с. 22]. В результате привлекательность занятости в видах деятельности, связанных с возможностями реализации личностного научно-творческого потенциала, повышается, что способствует развитию взаимодействия университетов и реального сектора экономики.

При понимании того, что достичь полного совпадения интересов университетов и предприятий на практике невозможно, следует разрабатывать механизмы согласования этих интересов, обеспечивающие сбалансированность выгод, получаемых субъектами взаимодействия. При взаимодействии университетов и промышленных предприятий важно заранее определяться с целями, сроками, результатами сотрудничества, а также с распределением прав и ответственности в отношении полученных результатов. В этой связи целесообразным будет упомянуть потенциальный конфликт интересов относительно прав интеллектуальной собственности на результаты исследования, о чем пишут многие западные авторы (например, [19]), который, впрочем, при взаимодействии университетов и реального сектора экономики в Республике Беларусь и Российской Федерации обладает не такой высокой актуальностью.

Таким образом, в качестве факторов развития взаимодействия университетов и реального сектора экономики были выявлены и содержательно рассмотрены такие как: переход к экономике знаний; рост геополитической напряженности, экономическая составляющая которого выражается в усилении межстрановой экономической конкуренции в получении всех видов ресурсов и рынков сбыта, нарастающем международном санкционном давлении, ограничении доступа к зарубежным высоким технологиям, массовом применении новых общественно-функциональных технологий в конкурентной борьбе, в том числе экономической; повышение роли социально-научного сообщества; терциализация экономики; технологическая модернизация промышленных предприятий; наращивание социального капитала университетов и предприятий; персонификация маркетинговых и административных функций университетов; активная государственная политика в отношении развития исследуемого взаимодействия, включающая изменение форм государственной поддержки, формирование новых институтов такого сотрудничества, стимулирование развития университетской науки и повышение ее престижа, увеличение репутационного капитала

университетов; изменение форм трудовой мотивации; разработка механизмов согласования интересов университетов и субъектов реального сектора экономики.

### Литература

1. Клименко В.А., Дроздович Л.И., Казанцева В. А. Теоретико-методологические основы взаимодействия университетов и промышленных предприятий на основе модели тройной спирали в контексте современной технологической модернизации // Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2021. – Вып. 14. – С. 50–56. <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2021-14-50-56>
2. Челнокова О.Ю., Фирсова А.А. Взаимодействие университета, бизнеса и государства как фактор развития региона в национальной инновационной системе // Известия Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. – 2014. – Т. 14. – Вып. 1. – Ч. 1. – С. 26–32.
3. Солодовников С.Ю., Сергиевич Т.В., Мелешко Ю.В. Модернизация белорусской экономики и экономика рисков: актуальные проблемы и перспективы / Под науч. ред. С. Ю. Солодовникова. – Минск: БНТУ, 2019. – 491 с.
4. Солодовников С.Ю. Современная экономика – экономика рисков // Друкерский вестник. – 2019. – № 5 (31). – С. 43–56.
5. Гурский В.Л., Солодовников С.Ю., Сергиевич Т.В., Мелешко Ю.В. Модернизация белорусской промышленности в новых технологических и геоэкономических условиях / Науч. ред. С. Ю. Солодовников; Ин-т экономики НАН Беларуси. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 728 с.
6. Альтернативные топливно-энергетические ресурсы: экономико-управленческие аспекты использования в условиях инновационного развития общества / В. В. Богатырёва [и др.]. – Новополоцк: ПГУ, 2017. – 323 с.
7. Михальченкова Н.А. Взаимодействие современных вузов и бизнеса: к вопросу о сущности и роли предпринимательских университетов // Вопросы управления. – 2016. – № 6 (43). – С. 126–131.
8. Branten E., Purju A. Cooperation projects between university and companies: process of formation and objectives of the stakeholders // Journal of Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2015. – Vol. 3. – № 2. – Pp. 148–156.
9. Молодчик М.А., Быкова А.А. Взаимодействие университетов и академических институтов с инновационно-активными промышленными предприятиями (case-study) // Региональная экономика: теория и практика. – 2008. – № 36 (93). – С. 44–52.
10. Солодовников С.Ю. Проблемы и перспективы развития социального потенциала в Республике Беларусь // Проблемы управления. – 2012. – № 2 (43). – С. 95–98.
11. Rybnicek R., Königsgruber R. What makes industry – university collaboration succeed? A systematic review of the literature // Journal of Business Economics. – 2019. – № 89 (2). – Pp. 221–250. <https://doi.org/10.1007/s11573-018-0916-6>
12. Макарова И.В., Лепеш Г.В., Угольников О.Д., Мелешко Ю.В. Анализ директивных и программных документов по цифровой индустриализации Российской Федерации и Республики Беларусь // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2021. – № 1. – С. 150–172.
13. Сергиевич Т.В. Перспективы и направления развития производства товаров интенсивного обновления в Республике Беларусь // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. Д, Экон. и юрид. науки. – 2017. – № 14. – С. 32–40.
14. Богатырева В.В. Человеческий капитал, инвестиции и инновации: фундаментальный и прикладной аспекты исследования взаимосвязи // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Д. Экономические и юридические науки. – 2015. – № 5. – С. 94–97.
15. Newberg J.A., Dunn R.L. Keeping secrets in the campus lab: law, values and rules of engagement for industry – university R&D partnerships // Am Bus Law J. – 2002. – № 39. – Pp. 187–240. <https://doi.org/10.1111/j.1744-1714.2002.tb00298.x>
16. Collier A., Gray B.J., Ahn M.J. Enablers and barriers to university and high technology SME partnerships // Small Enterp Res. – 2011. – № 18. – Pp. 2–18. <https://doi.org/10.5172/ser.18.1.2>
17. Mascarenhas C., Marques C., Ferreira J.J.M. University – industry cooperation: A systematic literature review and research agenda // Science and Public Policy. – 2018. – Jan. – Pp. 1–11. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy003>
18. Богатырева В.В., Сергиевич Т.В. Новые и традиционные формы человеческого капитала в условиях развития цифровой экономики: постановка проблемы // Современное общество: проблемы, противоречия, решения: сборник научных трудов Межвузовского научного семинара; редкол.: Н. А. Вахтин [и др.]. 29 мая 2020 г., г. Санкт-Петербург / Санкт-Петербургский горный университет. – СПб, 2020. – С. 20–23.
19. Bressler W. Working together, creating knowledge: the university-industry research collaboration initiative // Business-Higher Education Forum. – 2001. – Pp. 27–30.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАКОННОСТИ И ПРАВОПОРЯДКА В СФЕРЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

М.С. Тихомирова<sup>1</sup>, Д.В. Войстрик<sup>2</sup>

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4*

В работе обозревается тема обеспечения законности и правопорядка в сфере цифровой экономики. Представлены актуальные проблемы, связанные с законодательством в сфере цифровой экономики и обозначены пути решения.

*Ключевые слова:* цифровая экономика, законность, правопорядок.

### ENSURING THE RULE OF LAW AND ORDER IN THE DIGITAL ECONOMY

M.S. Tikhomirova, D.V. Woistrick

*St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4*

The paper reviews the topic of ensuring law and order in the field of the digital economy. The current problems related to legislation in the field of digital economy are presented and solutions are outlined.

*Keywords:* the digital economy, ensuring the rule of law, the rule of law.

Рассматривая экономико-правовое обеспечение деятельности современного общества в условиях цифровизации, следует обозначить, что же такое цифровая экономика. Данное понятие было введено в российское законодательство в 2017 году Указом Президента РФ, утвердившим Стратегию развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы [1]. Согласно Стратегии, цифровая экономика – это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг.

Мы полагаем, что норма права не может в полном объеме регламентировать и удовлетворять потребности общественных отношений путем закона и договора. Например, процесс производства и оборота криптовалюты невозможно регламентировать из-за анонимности производителя и пользователя, отсутствует единый центр эмиссии, отсутствует возможность отсле-

дить конечного бенефициара на этапе обналичивания криптовалюты путем её обмена. Другими словами, производитель криптовалюты не может быть отслежен и привлечен к ответственности, а её покупатели не могут защищать свои права, так как не к кому предъявить претензии за убытки.

Следует отметить, что не только правовое регулирование, но и правоприменение подверглось внедрению цифровизации. Так, были затронуты области жилищно-коммунального хозяйства, государственных услуг, государственных и муниципальных закупок, что несет за собой активную перенастройку государственного аппарата, подключение контрольно-надзорных органов в область цифровизации. В Российской Федерации существует два основополагающих акта, которые закрепляют реализацию мероприятий по становлению и развитию цифровой экономики. Это Указ Президента РФ от 09.05.2017 №203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» [1] и Указ Президента РФ от 07.05.2018 №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до

<sup>1</sup>Тихомирова Мария Сергеевна – доцент кафедры Правоведения факультета судебных экспертиз и права в строительстве и на транспорте, тел.: +7 904 558 58 74, e-mail: MariaKalini@yandex.ru;

<sup>2</sup>Войстрик Диана Валерьевна – студентка 2 курса факультета судебных экспертиз и права в строительстве и на транспорте. Юриспруденция 40.03.01, тел.: +7 952 059-64-46, e-mail: voistrick.diana@gmail.com. Научный руководитель – кандидат юридических наук, доцент М.С. Тихомирова.

2024 года» [2], в которых установлены основные задачи прокурорского надзора за исполнением законов в сфере цифровой экономики.

На сегодняшний день актуальны вопросы укрепления российской экономики, в том числе тех её отраслей, в которых происходит развитие бизнеса с использованием информационных и коммуникационных технологий: повышение конкурентоспособности российских высокотехнологичных организаций на международном рынке и другие особо важные вопросы, касающиеся цифровизации.

Для полноценной реализации национального проекта Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» Генеральный прокурор Российской Федерации издал Приказ от 14.03.2019 №192 «Об организации прокурорского надзора за исполнением законодательства при реализации национальных проектов» [4]. Прокурорский надзор затрагивает всех субъектов права, также существует возможность мониторинга и контроля выполнения планов мероприятия по направлению реализации программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Президент В.В. Путин в 2019 году поставил перед Правительством Российской Федерации [5] задачу разработать инфраструктуру цифровой экономики для обеспечения надежного хранения и обработки данных. Впервые в Гражданском Кодексе Российской Федерации появились такие термины как «безналичные денежные средства», цифровые права отнесли к имущественным правам. В этом же году ввели в российское законодательство понятие «цифровые права» (ст. 141.1 ГК РФ), что является шагом вперед на пути к формированию полноценного нормативного правового регулирования виртуальных экономических отношений. Обладателем цифрового права признается лицо, которое в соответствии с правилами информационной системы имеет возможность распоряжаться этими правами.

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации обеспечивает должным образом работу всех систем, которые взаимосвязаны с цифровым полем. Оно публикует и разрабатывает новые законодательные проекты, реализует и воплощает их в жизнь, искореняет препятствия для развития цифровизации, создает правовое поле для осуществления юрисдикционных проектов цифровой экономики. При поддержке

Минэкономразвития России реализуется Федеральный Проект «Нормативное регулирование цифровой среды», основная цель которого создать систему правового регулирования цифровой экономики, основанного на гибком подходе в каждой сфере, а также внедрение гражданского оборота на базе цифровых технологий.

Важно отметить, что после появления информационных и телекоммуникационных технологий возникли проблемы охраны персональных данных, коммерческой, корпоративной и банковской тайн. В данном случае речь идет об информации конфиденциального свойства. При этом информация, которая в свободном доступе, может представлять интерес для криминальных структур. Так, к примеру, сведения, которые можно почерпнуть из реестра юридических лиц или с сайта службы судебных приставов об исполнительных производствах, могут быть использованы в целях подготовки рейдерских захватов.

Перспективность решения проблем, на наш взгляд, заключатся в том, чтобы законодатель нашел путь взаимодействия с государственными органами для оптимального нормативного-правового регулирования вопросов защиты персональных данных, также соблюдения законодательства о противодействии легализации доходов, которые получены преступным путем; определение статуса правового нематериального объекта, которое не подпадает под стандартные объекты исключительных прав, такие как биткоин, аккаунты и другие.

Проблема, которая актуальна и затрагивает цифровую экономику – это диспропорции в развитии ИТ-технологий между регионами. На Москву приходится 40%, а на 10 из 86 регионов – 80% совокупных государственных расходов на информационные технологии, так по уровню цифровизации Москва и Санкт-Петербург лидируют [6]. Подобное положение дел является серьезным препятствием для развития цифровой экономики, молодые ученые из регионов способны развивать и улучшать ИТ-сферу, но по объективным обстоятельствам не проживают в центральных городах России, и поэтому не имеют возможности внести свой вклад в развитие. Некоторые услуги, доступные в Москве и Санкт-Петербурге, не доступны жителям регионов.

Нельзя не упомянуть особую роль в электронной экономике, которую играют криптовалюты и криптоактивы. Последние регулируются Федеральным Законом от 31.07.2020

№ 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [7]. Закон вместо термина «криптовалюта» содержит другой – «цифровая валюта» [8]. Его определение довольно громоздкое, поэтому выделим основные детали:

- цифровая валюта – это совокупность электронных данных (цифрового кода или обозначения) в системе;

- их можно принять как инвестиции или средство платежа, который не является денежной единицей;

- в отношении цифровой валюты по общему правилу нет лица, обязанного перед каждым обладателем таких электронных данных.

1 января 2021 года вступил в силу Федеральный Закон от 31.07.2020 № 259-ФЗ [7], который содержит правила выпуска цифровых финансовых активов и оборота цифровой валюты. Однако, полноценно применять документ бизнес не может, так как еще не действует ряд подзаконных актов, необходимых для полноценной работы закона. Отметим, что Федеральный закон от 26.10.2002 №127-ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)» [9] признает цифровую валюту имуществом. Аналогично поступает и Федеральный закон от 02.10.2007 №229-ФЗ «Об исполнительном производстве» [9].

На сегодняшний день в России существуют следующие основные нормативно-правовые акты о криптоактивах: поправки в Гражданский кодекс Российской Федерации и Федеральный закон от 31.07.2020 № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [7].

В настоящий момент законодательство России не запрещает гражданам покупать криптовалюту, нюанс – запрет на оплату цифровой валютой товаров, работ и услуг – он распространяется на действующие на территории России юридические лица, в том числе филиалы и представительства иностранных и международных компаний, и на граждан, находящихся в РФ не менее 183 дней в течение 12 следующих подряд месяцев (ч. 5 ст. 14 Закона № 259-ФЗ), отметим, что ответственность за нарушения этого запрета не установлена. Подобное мы отнесли к проблеме цифрового обеспечения законности, поскольку если существует диспозиция в виде запрета, то необходимо вводить санкции. Важно разработать санкции в области цифровой ва-

люты, так как безнаказанность ведет к нарушениям общественного порядка. Если гражданин желает защитить свои права в цифровой сфере, он обязан раскрыть сведения о владении криптовалютой (ч. 6 ст. 14 Закона № 259-ФЗ), для того чтобы получить судебную защиту. Необходимо ввести владения цифровой валютой обязательным условием с целью пресечения преступлений. Отсутствует регулирование для некоторых криптовалют с различным функционалом, а также под определением цифровой валюты могут подпадать, например, бонусы или используемые в электронной коммерции сертификаты, то есть необходимо конкретизировать понятийно-правовую базу для всего криптовалютного рынка. Помимо этого, в Федеральный закон «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 31.07.2020 № 259-ФЗ коллизия норм, из определения данного законодателем – цифровая валюта признается средством платежа и может являться инвестицией, однако, согласно ст.14 вышеупомянутого закона, российские юридические и физические лица не вправе принимать валюту в качестве платежа, что противоречит признанию криптовалюты средством платежа. Важно отметить, что в вышеуказанном законе нет упоминания о законности добычи криптовалюты, то есть отсутствуют нормы, посвященные майнингу (деятельность по созданию новых структур для обеспечения функционирования криптовалютных платформ). В России майнинг криптовалюты не разрешен, но и не запрещен, он не является видом предпринимательской деятельности. Необходимо правовое регулирование в данной сфере.

В последние годы российский законодатель уделяет особое внимание признаку использования при совершении преступлений и иных правонарушений различных электронных устройств, информационно-телекоммуникационных сетей, в том числе сети Интернет, рассматривая его либо как альтернативный способ совершения преступления, либо как основание дифференциации ответственности. В гл. 21 и 22 УК РФ при конструировании составов преступлений в сфере экономики напрямую он применяется редко. Ряд диспозиций норм данных глав содержит указание на использование определенных объектов, находящихся в неразрывной функциональной связи с электронными устройствами для хранения, обработки и передачи информации (ст. 159.3, 159.6, 187 УК РФ).

Необходимость защиты персональных данных обуславливается тем, что большинство киберпреступлений связаны с воровством информации о человеке, что является в руках мошенника орудием преступления. В России уже существует Федеральный Закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [11], в котором государство обязует организации и физические лица обеспечить надежную защиту персональных данных, однако многие выполняют условия недолжным образом, проявляют халатное отношение. Необходимо устранять проблему с помощью распространения информационных материалов и информирование граждан об киберугрозах; запуск массовой социальной рекламы; выступления на телевидении экспертов, тематические передачи; награждение за заслуги в области кибербезопасности. Повышение культуры кибербезопасности, профессионализм специалистов информационной безопасности – верный путь, по которому следует идти, чтобы вывести цифровую экономику в России на новый уровень.

Необходимо создание национального центра Кибербезопасности, данную идею поддерживает «Сбербанк» [12], об этом заявил заместитель председателя правления «Сбербанка» Станислав Кузнецов. По его словам, «Сбербанк» сможет внести существенный вклад в развитие Центра, являясь представителем бизнес-сообщества России. Существование центра повлияет на обмен информацией между государством и частными корпорациями, которые в свою очередь смогут взаимодействовать на мировой арене, так как киберпространство не имеет границ, чтобы бороться с «черными хакерами» странам необходимо объединиться на международном уровне.

Интернет-ресурсы, которые осуществляют свою деятельность незаконно, нужно блокировать, с помощью специальных бот-программ. Необходимо возложить на Роскомнадзор задачу по разработке и внедрению опознавательных бот-программ, которые смогут определять подозрительные действия в интернет-ресурсах и блокировать их.

Федеральный проект «Информационная безопасность» национальной программы «Цифровая экономика» был утвержден в конце 2018 г.. Куратором Федерального Проекта выступает Министерство цифрового развития. В нынешней версии данного Федерального Проекта, по сравнению с первоначальной, было решено от-

казаться от продолжения финансовой поддержки отечественных разработчиков ПО (программное обеспечение). Поскольку данное решение нерационально в экономическом аспекте, его отказались финансировать, однако, по нашему мнению, данная позиция неверная, так как отечественного производителя ПО необходимо развивать и поддерживать, что улучшит положение страны.

Помимо этого, требуется проведение анализа существующих и перспективных средств защиты информации, разработка нормативно-правовых актов, направленных на обеспечение использования сети Интернет для устойчивого развития экономики, включающих вопросы юрисдикции и определения субъектов правоотношений при использовании сети Интернет.

Следует создать программу по выявлению мошенников, которые используют незарегистрированные номера телефонов и блокировку спам звонков. Также требуется проводить мониторинг фишинговых сайтов и утечки персональных данных.

Важно отметить, что в настоящий момент существует необходимость внедрения программ по повышению грамотности широких слоев населения по вопросам информационной безопасности.

В области законодательства следует структурировать понятийно-правовую базу для криптовалютного рынка, так как определения, которые уже существуют в ней, слишком широкие и не затрагивают конкретные понятия. Последнее, на наш взгляд, негативно влияет на правоприменительную практику, так как отсутствует единообразное применение нормативно-правовых актов. Отметим также необходимость в устранении коллизий правовых норм, в их упорядочивании, что исключит противоречия.

Мы полагаем, следует узаконить добычу криптовалюты (майнинг) на территории Российской Федерации, ввести санкции и налоги, признать данную добычу предпринимательством и ввести повышенные тарифы на электроэнергию для майнеров.

Ничего не будет осуществлено без специалистов в данной сфере, которые развивают новые идеи и помогают в реализации уже существующих. Поэтому следует проводить гранты для аспирантов, молодых ученых в области информационной безопасности для задач цифровой экономики. Также воспитывать культуру правовой и информационной безопасности у

подрастающего поколения, проводить олимпиады и интеллектуальные соревнования в области информационной безопасности, поддерживать талантливую молодежь. Для уже существующих научных работ, на которые обратило внимание государство, мы полагаем, необходима их консолидация. После неё все информационные разработки будут собраны в одном месте для удобства осуществления и использования.

Таким образом, государство заинтересованно в том, чтобы граждане были подготовлены к новой эпохе цифровых изменений в экономике. Цифровая трансформация невозможна вне правовых рамок, которые регулируют трансформацию и обеспечивают законность. Одним из главных проектов в Российской Федерации является проект «Цифровая экономика Российской Федерации», который завершается в 2024 году.

Правительством Российской Федерации, Департаментом развития цифровой экономики Министерства экономического развития Российской Федерации, Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации формируется комплексное правовое регулирование отношений, складывающихся в связи с развитием цифровой экономики; производится координация деятельности участников федерального проекта и создание отдельных правовых институтов, направленных на развитие цифровой экономики. Органами прокуратуры и иными правоохранительными органами обеспечиваются надзор, мониторинг в сфере электронной экономики, производится охрана общества от кибер-преступлений.

Для дальнейшего развития права в сфере цифровой экономики создаются специализированные органы, производится анализ судебной практики России. Дальнейшее развитие в данной сфере трудно представить без инновационных предложений от молодых ученых и талантливой молодежи, которая сможет развивать цифровую экономику в России.

### Литература

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 г. №203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы».
2. Указ Президента РФ от 07.05.2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
3. «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» (утв. Указом Президента РФ от 09.05.2017 № 203).
4. Приказ Генпрокуратуры РФ от 14.03.2019 г. №192 «Об организации прокурорского надзора за исполнением законодательства при реализации национальных проектов».
5. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 20.02.2019 // Российская газета. 2019, 21 февраля №38.
6. Абдрахманова Г.И., Гохберг Л.М., Г.Г. Ковалева и др. Информационное общество: востребованность информационно-коммуникационных технологий населением России. М.: НИУ ВШЭ, 2015. 120 с.
7. Федеральный закон «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 31.07.2020 N 259-ФЗ.
8. «Обзор Закона о цифровых финансовых активах и криптовалюте» (КонсультантПлюс, 2020).
9. Федеральный закон «Об исполнительном производстве» от 02.10.2007 №229-ФЗ.
10. Федеральный закон «О несостоятельности (банкротстве)» от 26.10.2002 №127-ФЗ.
11. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ.
12. Большой национальный форум информационной безопасности «Инфофорум-2017» [Электронный ресурс] // Инфофорум. – URL: <https://infoforum.ru/conference/2017> (Дата обращения: 08.02.2018).



## СИСТЕМА ЦИФРОВОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАК ФАКТОР МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

В.А. Мордовец<sup>1</sup>, О.Д. Угольникова<sup>2</sup>, Т.Н. Кошелева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Россия, 190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д.44, Лит.А

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А.

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет гражданской, Россия, 196210, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38

В статье исследуется проблема управления человеческими ресурсами при модернизации системы образования в цифровой экономике. Выявлены риски снижения профессиональных компетенций в процессе трудовой деятельности в условиях смены технологического уклада. Снижение риска недостаточности профессиональных компетенций в процессе трудовой деятельности предложено развивать через ряд новых моделей. Предложенные модели подразумевают индивидуализированную систему повышения профессиональных компетенций через внедрение цифровых платформ в реальные производственные процессы, формирование новых знаний и компетенций.

*Ключевые слова:* человеческие ресурсы, модернизация системы образования, кадровое обеспечение, производственные процессы, профессиональные компетенции, цифровые платформы

### DIGITAL PROFESSIONAL RETRAINING SYSTEM AS A FACTOR OF MINIMIZING THE RISKS OF HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

V. A. Mordovets, O. D. Ugolnikova, T. N. Kosheleva  
*St. Petersburg University of Management Technologies and Economics (UMTE),  
Russia, 190103, Saint-Petersburg, Lermontovskii pr., 44A,  
St. Petersburg state economic University (UNECON),  
191023, Saint-Petersburg, Sadovaya str., 21*

*St. Petersburg State University of Civil Aviation, Russia, 196210, Saint-Petersburg, Pilotov str., 38*

The article deals with the problem of human resource management in the context of modernization of the education system in the digital economy. The risks of reducing professional competencies in the process of work in a changing technological order are identified. It is proposed to develop a reduction in the risk of insufficiency of professional competencies in the process of work using a number of new models. The proposed models imply an individualized system for improving professional competencies through the introduction of digital platforms into real production processes, the formation of new knowledge and competencies.

*Keywords:* human resources, modernization of the education system, staffing, production processes, professional competencies, digital platforms.

#### Введение

Образовательные системы отражают особенности общества, в котором они действуют, и в ходе своего развития неизбежно претерпевают изменения. Современные условия требуют от них структурной гибкости, ориентации на запросы общества, потребности рынка образовательных услуг и мобильности для их

удовлетворения, способности к саморазвитию. Состояние, в котором оказалась Россия и остальной мир, можно охарактеризовать как трансформацию, сущностью которой является переход от индустриального общества к информационному. В это время образование характеризуется противоречиями, не позволяющими в

<sup>1</sup>Мордовец Виталий Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедры Экономика и управление социально-экономическими системами, тел.: +7 921 584-58-98, e-mail: v.mordovets@spbasci.ru;

<sup>2</sup>Угольникова Ольга Дмитриевна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры Безопасность населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, тел.: +7 906 253-59-49, e-mail: olga\_ugolnikova@mail.ru;

<sup>3</sup>Кошелева Татьяна Николаевна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры №2 «Социально-экономических дисциплин и сервиса, тел.: +7 812 560-65-63, e-mail: toozool@mail.ru.

полной мере решать стоящие перед ним стратегические задачи, эффективность решений во многом зависит от системы управления человеческими ресурсами образовательной сферы. В докладе Правительства Российской Федерации Федеральному Собранию о реализации государственной политики в сфере образования отмечается, что увеличение количества детей в образовательных учреждениях сопровождается увеличением численности педагогических кадров. Однако, наряду с увеличением численности педагогов дошкольного и общего образования, учителей и мастеров производственного обучения, в 44.00.00 «Педагогическое образование» уменьшается численность педагогических кадров, осуществляющих обучение. Это нашло отражение в отчете о прогнозировании развития системы образования и перспективных задачах в среднесрочной перспективе.

### Материалы и методы

Теоретической и методологической основой исследования являются труды российских и зарубежных ученых: Т.И. Яськова анализирует состояние научно-образовательной системы СЗФО [12]; Кожанова М.Б. делает упор на национальную систему образования, как основу осуществления регионально-этнического подхода в воспитании молодежи [8], Ерохина Е.В., Гагарина Г.Ю. рассматривают особенности, проблемы и перспективы развития цифровой экономики в Северо-Западном федеральном округе [3].

К проблемам управления человеческими ресурсами относятся проблема нехватки кадров, финансирования, постоянных переводов преподавателей, недостаточной квалификации управленческого персонала, неудовлетворенность микроклиматом в коллективе и несоответствие структуры управления потребностям организации [10]. В современных условиях в связи с социально-экономическими изменениями в жизни общества, модернизацией профессионального пространства педагогической деятельности возрастает потребность в подготовке педагогических кадров [7].

### Обсуждение

Кадровое обеспечение понимается нами как один из ресурсов, характеризующийся наличием и составом кадров, отражающий уровень соответствия между качественным и количественным трудовым потенциалом, востребованным на рынке труда в конкретный момент времени, и деятельностью организации.

В ходе исследования проведен анализ кадрового обеспечения системы образования Северо-Западного ФО (СЗФО) на основе материалов Федеральной службы государственной статистики, данных аналитических отчетов региональных подразделений Северо-Западного ФО, доклада Правительства РФ Федеральному Собранию РФ о реализации государственной политики в сфере образования, а также научных публикаций. Укажем наиболее существенные выводы.

Во всех субъектах СЗФО снизилось количество организаций образования, что связано с уменьшением количества поступающих студентов (период 2005-2018 гг.), фактором снижения стала оптимизация образовательных организаций и изменение их штатной структуры. Потребность в преподавательских кадрах по предметам СЗФО показывает, что во всех субъектах СЗФО наблюдается повышенный спрос на преподавательские вакансии. Проанализируем количество вакансий педагогических кадров в СЗФО на основе данных Росстата (Рисунок 1).

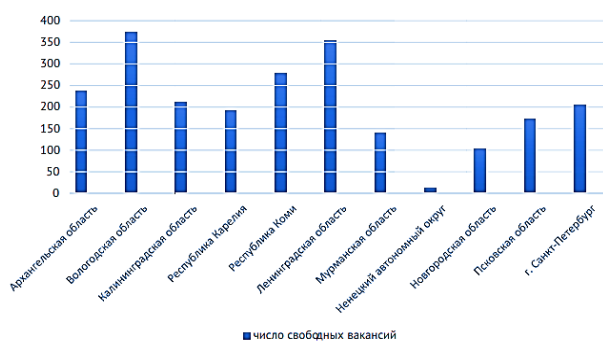


Рисунок 1 – Педагогические вакансии в субъектах СЗФО

Сравнительный анализ преподавательских вакансий с уровнем заработной платы учителей привел к выводам:

- самая низкая потребность в учителях в НАО при самой высокой средней заработной плате 85 862 руб.;
- наибольший спрос на педагогические кадры в Вологодской области со средней заработной платой 40 039 руб., что ниже средней (49 408 руб.);
- в Псковской области зарплаты самые низкие в округе, востребованность педагогических вакансий средняя.

Уменьшение количества студентов наблюдается в бакалавриате, магистратуре СЗФО, как показано на Рисунке 2. Количество студентов в вузах (на 10 тыс. населения) является показателем доступности высшего образования.

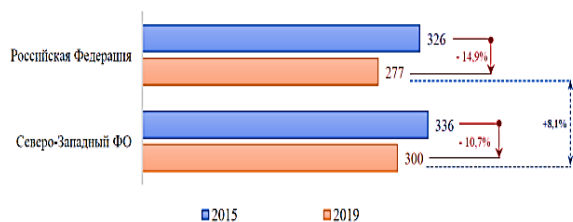


Рисунок 2 – Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на 10 тыс. чел. населения

Т.И. Яськова отмечает, что, несмотря на высокое количество вузов в Санкт-Петербурге, этот показатель снижается и становится ниже среднего по России [12]. Показатели доступности высшего образования существенно различаются по регионам (Рисунок 3). С учетом Санкт-Петербурга показатель выше среднего по РФ [2].

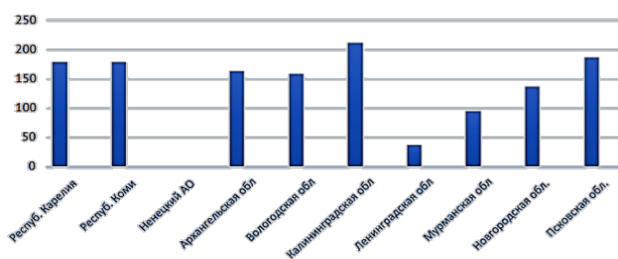


Рисунок 3 – Численность студентов в субъектах СЗФО в тыс. чел.

Исследование, проведенное ФГБУ НИИ РИНКЦЭ «Инновационное развитие Российской Федерации» в СЗФО за 2019 г., показало, что при уровне научно-инновационной активности организаций в среднем по стране (9,1), в СЗФО он 10,1. В Санкт-Петербурге находится более половины организаций, осуществляющих исследования и разработки. Численность персонала НИОКР в 2019 г. в СЗФО составила 91 422 чел. (в Санкт-Петербурге 75 228 чел.). Численность ученых со степенью составляет 46 446 чел. (2019 г.), что ниже среднероссийского показателя по доле ученых со степенью в общей численности исследователей: 25,6% по СЗФО, при среднем по РФ 28,7% [4]

Педагогическое образование в СЗФО осуществляется как профильным вузом (РГПУ им. А.И. Герцена), так и непрофильными вузами, между которыми распределяются бюджетные места. Наиболее высокий спрос на педагогические кадры в системе общего образования показан на Рисунке 4.

Обеспеченность региона педагогическими кадрами является актуальным вопросом, требующим обдумывания путей повышения качества педагогического образования в вузах, предлагающих это образование. В СЗФО есть

только один профильный вуз, который готовит образовательные программы по УГСН 44.00.00, что недостаточно для активно развивающегося в социально-экономическом плане региона.

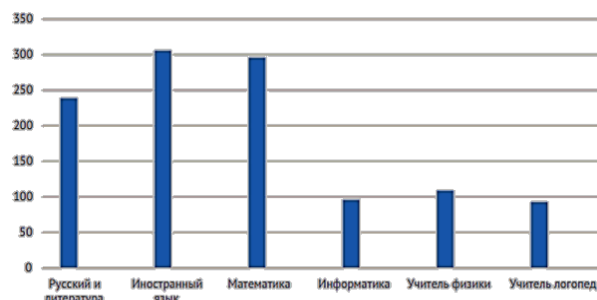


Рисунок 4 – Количество вакансий педагогических кадров в СЗФО

Специализированные педагогические вузы находятся в невыгодном положении по сравнению с непедагогическими вузами, которые имеют более развитую учебную инфраструктуру, лучший коммерческий набор. В настоящее время КЦП по УГСН 44.00.00 делится на профильные и нецентральные вузы. Следует отметить, что нецентральные вузы (классические и технические) реализуют программы по другим УГСН, в то время как деятельность педагогических вузов связана с реализацией образовательных программ только по УГСН 44.00.00. На этом основании большее преимущество имеют нецентральные вузы, что в ближайшем будущем негативно скажется на педагогических вузах РФ.

Необходимо пересмотреть направления развития специального педагогического образования, как в части присуждения КЦП профильным педагогическим вузам, так и в развитии материально-технической базы. Для развития подготовки преподавателей необходимо создание различных площадок, фокус-центров, которые позволят готовить высококвалифицированных педагогов, решающих задачи развития и воспитания.

Совершенствование системы профессиональной переподготовки и повышения квалификации педагогических работников необходимо осуществлять через сетевые взаимодействия с другими регионами страны. Наличие вакансий в образовательных учреждениях общего среднего образования свидетельствует о востребованности квалифицированных педагогических кадров в СЗФО. При выделении бюджетных мест по образовательным программам по направлению подготовки 44.00.00 «Педагогическое образование» на уровне бакалавриата и магистратуры в вузах региона существует большая

потребность в преподавательских кадрах, что приводит к выводу об особом внимании трудоустройству выпускников.

Представленные результаты не могут претендовать на полноту, но выводы позволяют указать перспективы развития педагогического образования в СЗФО:

- развитие системы непрерывного повышения квалификации ППС с использованием регионального опыта ППС и во взаимодействии с федеральными центрами;

- увеличение доли бюджетных мест в аспирантуре по педагогическому направлению с целью управления интеллектуальным интересом докторантов;

- повышение привлекательности профессии учителя в регионе, наличие системы мер социальной поддержки учителей с ориентацией на молодых (перспективных) учителей;

- создание системы социального партнерства педагогических организаций с привлечением работодателей;

- сбалансированность региональной системы подготовки педагогических кадров и привлечение необходимых кадров в регион.

Таким образом, промежуточные результаты исследования демонстрируют наличие на сегодняшний момент перспектив развития педагогического образования в СЗФО, но не могут повлиять на риски снижения профессиональных компетенций у сотрудников, выпускников колледжей и ВУЗов, опытных сотрудников ввиду резких изменений на рынке труда, обострения угроз, нарушающих равновесие на рынке труда в регионе.

### Выводы

В сентябре 2022 г. стартует программа «Профессионалитет», направленная на преодоление риска снижения профессиональных компетенций у выпускников. Она основана на модели объединения интересов колледжей и бизнеса, предполагает реализацию корпоративных и коммерческих целей образовательных организаций [5]. Для реализации необходимо внести изменения в действующее законодательство, так как колледжи должны принимать заказы на образовательные услуги от производственных компаний, последние должны будут представить бизнес-план и утвердить его в региональных органах власти. Это вызывает трудности ввиду отсутствия квалификации и свободных сотрудников в реальном секторе экономики. Колледжи-заводы будут не только воспроизводить бизнес-процессы, но помогать учащимся вырабатывать компетенции, создавать полноценные рабочие места для студентов в процессе

их обучения. Такая модель предъявляет новые требования к колледжу не только как к образовательной организации, но и участнику реального бизнеса, поскольку вступают в действие законы экономики и конкуренции. Предполагается ввести новый уровень образования под названием «Профессионалитет», который приведет к сокращению сроков обучения в колледжах до двух лет по рабочим специальностям и до трех — по более технологичным и сложным профессиям. К обучению могут приступить около 150 тыс. студентов. Такой же уровень образования можно распространить на обучающихся и выпускников ВУЗов, при подключении в процесс промышленных предприятий, институтов развития, иных исследовательских площадок, при поддержке предпринимательских структур, например, технопарков, бизнес-инкубаторов и т.д.

Другим направлением снижения риска нехватки профессиональных компетенций является модель человеко-ориентированной системы высшего и профессионального образования. Она подразумевает индивидуализированную систему повышения профессиональных компетенций по мере проникновения в производственную сферу новых цифровых платформ. Правительство [6] планирует сформировать систему из мер поддержки в виде возможности оплачивать организациям временные работы для сотрудников, частичного субсидирования процесса переобучения работников. Предприятия в период формирования логистических цепочек профпереподготовки для сотрудников смогут включиться в предложенные государственными органами мероприятия стимулирования занятости и принять участие в организации программ повышения квалификации и переобучения ([2, с. 138-142; [9], с. 70-72).

Авторы рассмотрели отдельную группу на рынке труда, представляющих значительную часть потенциально занятых, группу риска снижения профессиональных компетенций. Это сотрудники предпенсионного и пенсионного возраста, сотрудники с ограниченными возможностями. Предлагается рассмотреть обеспечение образования в рамках социально активных групп населения: а) пенсионного возраста и б) людей социально активных, но получивших профессиональные заболевания и желающие адаптироваться на рынке труда в новых условиях ограниченных возможностей своего здоровья, способных и желающих включиться в сферу новых профессиональных возможностей. Уровень социальной безопасности в сфере новых условий для трудоустройства низок, и практически все трудоспособные специалисты находятся

в зоне риска невозможности трудоустроиться, поменять профессию или специальность в случае попадания в такие условия.

По аналогии с «Системой «2+2+2», которая зародилась в американских вузах в 1940-х годах, когда правительство возложило на университеты две задачи: 1) обучение узким навыкам и 2) формирование общего мировоззрения, чтобы в будущем студенты могли приспособиться к меняющимся рынкам - к новым кризисам. По этой системе в настоящее время работают около 10% американских вузов и 25% используют ее на отдельных направлениях [12].

### Заключение

Авторы предлагают разработать «Систему цифровой профпереподготовки социальных групп населения» - систему переподготовки в государственных структурах по трудоустройству (биржах труда) совместно с университетами для специалистов, приближающихся к пенсионному возрасту, в которой этапами подготовки будут выступать этапы:

1. Получение базовых знаний по новым профессиональным компетенциям в рамках университетов.

2. Практическое овладение цифровыми компетенциями новой специальности в специализированных подразделениях (оборудованных под будущие рабочие места).

3. Освоение узко специализированных рабочих навыков непосредственно на будущих рабочих местах с наставниками – тьюторами.

К каждой группе переобучающихся за счет государственно-частного партнёрства (университетов, работодателей и государственной службы занятости) может прикрепляться профессионально подготовленные дистанционно работающие наставники – проводники в виртуальный мир новой специализации на основе формирования индивидуальных образовательных траекторий для каждой группы переобучающихся, цифровой платформы взаимодействия с преподавателями университета, с будущими коллегами в условиях частично-дистанционной занятости (как наиболее приемлемой для сотрудников с ограничениями по здоровью и возрастным и потенциально менее здоровых сотрудников).

Предлагается рассмотреть возможность дистанционного сопровождения сотрудников с ограничениями по здоровью и возрастным переобучающихся не только в период функционирования «Системы цифровой профпереподготовки социальных групп населения», но и в период адаптации на рабочих местах на длительный период (например, на период испытательного

срока). Далее можно предложить программы консультаций через систему абонентного обслуживания, которая может включать более частое по сравнению с другими сотрудниками повышение квалификации (например, раз в год).

В заключение укажем, что реализация образовательной политики, направленная на системное изучение перспектив кадрового обеспечения, принятие мер по повышению статуса педагогической профессии позволит добиться снижения рисков недостаточности профессиональных компетенций в процессе трудовой деятельности. Этот результат выступит этапом решения проблемы по управлению человеческими ресурсами в системе образования.

### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научного проекта №20-510-00002.

### Литература

12. Бочкина Н.В. Регионализация образования в России // Вестник «Образование и культура Северо-Запада России». СПб., 1996. – 267 с.
13. Далингер Я. М. Направления инфраструктурного обеспечения образовательных технологий на цифровой основе / Я. М. Далингер, М. Н. Майор, Т. Н. Кошелева // В книге: Сборник тезисов по итогам Профессорского форума 2020 "Национальные проекты и профессорское сообщество". Москва, 2021. С. 138-142.
14. Ерохина, Е.В., Гагарина, Г.Ю. Особенности развития цифровой экономики в Северо-Западном федеральном округе: проблемы и перспективы // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2019. № 3 (105). С. 49–68. URL: <http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2019-3-49-68> (Дата обращения: 17.02.2022).
15. Инновационное развитие Российской Федерации в 2019 году. Северо-Западный федеральный округ, 2020. URL: [https://www.mii.ru/digest/analitika\\_Sev-ZapFO.pdf](https://www.mii.ru/digest/analitika_Sev-ZapFO.pdf) (Дата обращения: 17.02.2022).
16. Информационный портал «Skillbox.ru» - [Электронный ресурс] – [Режим доступа]: <https://skillbox.ru/media/education/v-rossii-planiruyut-razvivat-model-kolledzheyzavodov/> - дата обращения 20.03.2022.
17. Информационный портал «Interfax.ru» - [Электронный ресурс] – [Режим доступа]: <https://www.interfax.ru/russia/829807> - дата обращения 20.03.2022.
18. Информационный портал «Trends.rbc.ru» - [Электронный ресурс] – [Режим доступа]: <https://trends.rbc.ru/trends/education/623468069a7947cf14ef9c9d> - дата обращения 20.03.2022.
19. Кожанова, М.Б. Национальная система образования как основа осуществления регионально-этниче-

ского подхода в воспитании молодежи // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2005. № 2 (46). С. 104–108.

20. Кошелева Т.Н. Направления восстановления малых и средних предпринимательских структур и обеспечения занятости / Т.Н. Кошелева // В сборнике: Междисциплинарность научных исследований как фактор инновационного развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 70–72.

21. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 18.11.2011 № 2074-р «Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного Федерального округа».

22. Федеральная служба государственной статистики Регионы России. Социально-экономические показатели – 2020 г. URL: [https://gks.ru/bgd/regl/b20\\_14p/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm) (Дата обращения: 17.02.2022).

23. Яськова, Т.И. Современное состояние научно-образовательной системы СЗФО в контексте развития человеческого капитала // Балтийский регион — регион сотрудничества. Регионы в условиях глобальных изменений: материалы IV международной научно-практической конференции / отв. ред. А.А. Михайлова. Калининград: Издательство БФУ им. И. Канта, 2020. Т. 4. Ч. 1. – 487 с.

УДК 338.46;332.143

## СОЦИАЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА АРКТИЧЕСКИХ ГОРОДОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Н.Б. Беляева<sup>1</sup>, В.А. Тучков<sup>2</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет,  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, лит. А*

В настоящее время исключительное внимание приковывает к себе Российская Арктика, которой отводится большая роль в создании ВВП страны. В этом контексте очевидно, что развитие и эффективное функционирование объектов социальной инфраструктуры является важным условием повышения уровня и качества жизни населения арктического региона и полярных городов.

Статья посвящена сравнению социальной инфраструктуры арктических городов Северной Европы (СЕ) и Российской Федерации и изучению зарубежного опыта.

*Ключевые слова:* объекты социальной инфраструктуры, сеть опорных населенных пунктов, Арктическая зона РФ (АЗРФ) и Северной Европы.

## SOCIAL INFRASTRUCTURE OF ARCTIC CITIES OF NORTHERN EUROPE AND THE RUSSIAN FEDERATION

N.B.Belyaeva, V.A.Tuchkov

*St. Petersburg State University of Economics,*

*Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal, 30-32, letter A*

At present, the Russian Arctic is receiving exceptional attention and is playing a major role in the country's GDP. In this context, it is obvious that the development and effective functioning of social infrastructure facilities is an important condition for improving the standard of living and quality of life for the population of the Arctic region and the polar cities. The article is devoted to the comparison of the social infrastructure of Arctic cities of Northern Europe and the Russian Federation and the study of foreign experience.

*Keywords:* objects of social infrastructure, network of support settlements, Arctic zone of the Russian Federation and Northern Europe

Экономическое использование ресурсов Арктики невозможно без решения социальных вопросов. Обновляются стратегии социально-экономического развития арктической зоны РФ. Появились серьезные разработки сети опорных населенных мест, концепции будущего полярных моногородов. В сети опорных населенных

пунктов особо выделены города, призванные быть драйверами экономического развития, выполнять социально-культурные функции и обладать соответствующей социальной инфраструктурой.

<sup>1</sup>Беляева Надежда Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры региональной экономики и природопользования, тел.: +7 905 289-49-61, e-mail: [belaeva77@mail.ru](mailto:belaeva77@mail.ru);

<sup>2</sup>Тучков Владислав Аркадьевич – ассистент кафедры региональной экономики и природопользования, тел.: +7 905 286-35-43, e-mail: [vtuchkov-88@mail.ru](mailto:vtuchkov-88@mail.ru).

Данное исследование является актуально вследствие того, что общие особенности Арктического региона: удалённое расположение арктических городов СЕ и РФ, сравнительно низкая плотность населения и суровые климатические условия должны учитываться при развитии социальной инфраструктуры. Интересен в этом плане опыт стран Северной Европы.

Всего в мире 8 арктических стран, 5 из которых являются странами Северной Европы. В их арктических зонах существуют следующие города: Оулу, Рейкьявик, Умео, Тромсё, Рованиеми, Лулео, Будё, Нуук. Непосредственно за полярным кругом (т.е. севернее 66 С.Ш.) расположены Тромсё, Рованиеми, Будё. Для сравнения будут использоваться данные по российским городам, находящимся за полярным кругом или в непосредственной близости к нему (такие, как Новый Уренгой и Инта).

Численность населения арктических североευропейских городов варьирует от 18 128 до 204 528 тысяч человек (см. таблицу 1). В то же время арктические города РФ крупнее европейских, хотя по российским меркам достаточно

крупными могут считаться только Мурманск и Норильск (рис. 2). В российской Арктике 89 % населения – городское. Как абсолютно верно считают авторы [1], это свидетельствует о высоком уровне урбанизированности населения, но отнюдь не территории. Последняя в российской Арктике крайне низка из-за неравномерности размещения городов, низкой доли площади городов в общей площади территории. Схожие проблемы наблюдаются и в Швеции, где, к тому же зачастую не определен статус отдельных населенных мест (городские или сельские), что затрудняет процесс территориального планирования [2]. Помимо равномерности размещения городов, важным фактором территориального развития является расстояние между городами, а в условиях Арктики – транспортная связность (доступность).

В целом на протяжении последних двух десятилетий, как видно на рисунке 1, можно наблюдать рост численности населения в пределах данных центров расселения.

Таблица 1 - Крупнейшие центры расселения - арктические города Северной Европы, 2022 г.

Центры расселения	Страна	Численность населения, чел.
Оулу	Финляндия	204 528
Рейкьявик	Исландия	129 964
Умео	Швеция	79 594
Тромсё	Норвегия	59 590
Рованиеми	Финляндия	58 206
Лулео	Швеция	57 679
Будё	Норвегия	46 495
Нуук	Гренландия	18 128

Составлено по ист. [3].

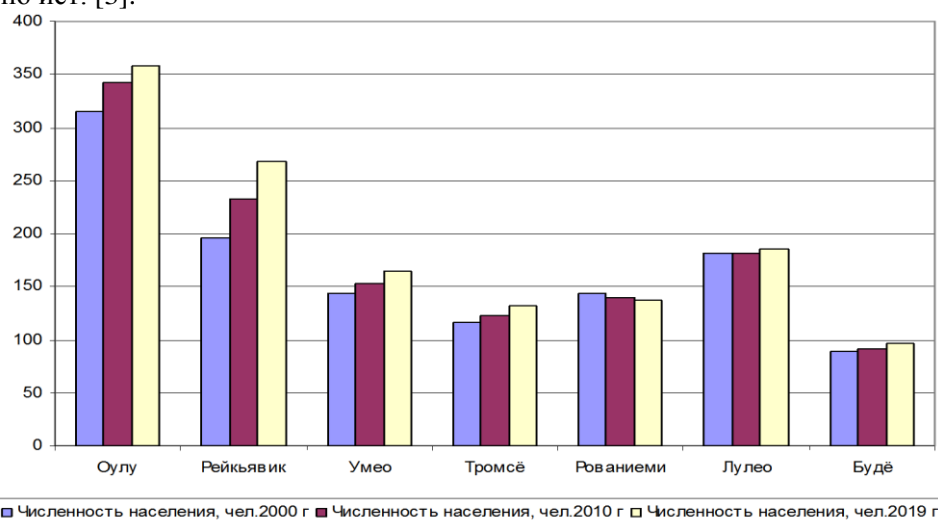


Рисунок 1 – Динамика численности населения арктических городов северной Европы в радиусе 100 км от центра. Составлено по ист. [4]

Динамика численности циркумполярных российских городов представлена на рисунке 2. За исключением Мурманска, Нового Уренгоя, Апатитов и Воркуты, все они теряли

свое население в течение последних десятилетий. Игарка, Певек и Билибино за последние 30 лет потеряли более половины своих жителей.

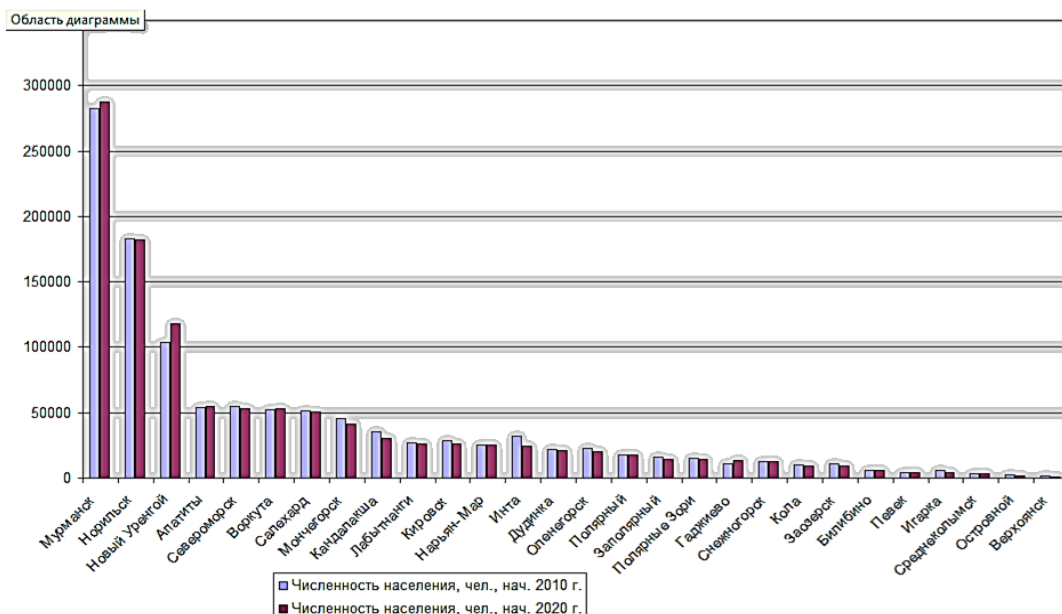


Рисунок 2 – Динамика численности населения арктических городов РФ. Составлено по [5]

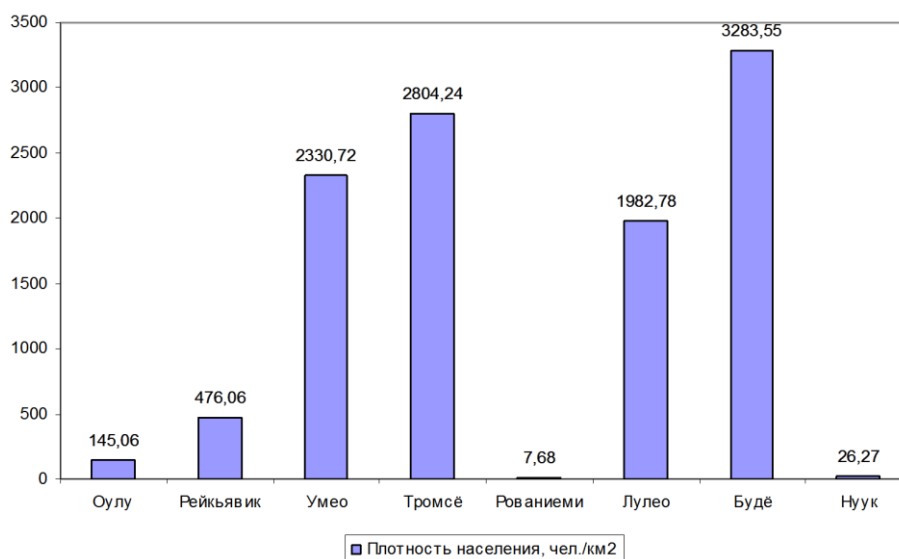


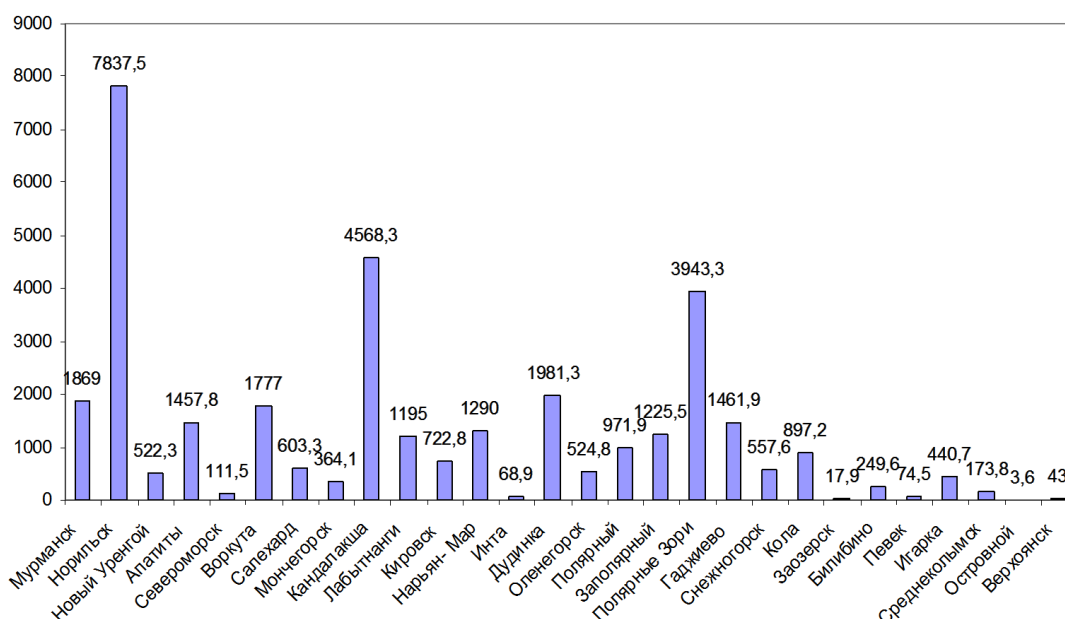
Рисунок 3 – Плотность населения арктических городов Северной Европы, чел./км<sup>2</sup>, 2022 год [3]

Для исследования уровня обеспеченности жителей объектами социальной инфраструктуры представляется полезным изучить вариацию плотности населения в арктических городах Северной Европы. Среди них наиболее плотно населен норвежский город Будё. Причиной этого является маленькая площадь этого города (всего 14,6 км<sup>2</sup>), обусловленная его расположением на узкой оконечности гористого полуострова. Напротив, финский Рованиemi как город-рекордсмен всей Европы по площади занимает в стране 12 место по численности населения и, вследствие этого, характеризуется

наименьшей плотностью – всего 7,68 человек на квадратный километр. Нуук – самая маленькая по численности населения столица в мире (18 128 человек) расположена на острове Гренландия и со всех сторон зажата вечными льдами. Плотность населения города составляет 26 чел./км<sup>2</sup>.

Плотность населения арктических городов СЕ представлена на рисунке 3. Плотность населения российских городов на 2020 год представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Плотность населения арктических городов РФ, чел./км<sup>2</sup>, 2020 год

Мы наблюдаем большой разброс значений плотности населения. Она существенно зависит от подходов к установлению границ города. С одной стороны, низкая численность населения не может соответствовать высоким значениям плотности. С другой стороны, в отдельных случаях статистикой приводится значение площади не города, а всего муниципального образования городской округ. Кроме того, как правило, закрытые административные образования и военные городки имеют значительную площадь. Избыточная площадь отмечается также у моногородов, которым ставится задача сжатия, сноса ветхого жилья, оптимизации и обновления технической инфраструктуры.

Преимущества компактного города неоспоримы. Однако существует взаимосвязь между высокой плотностью и повышенным риском эффекта городского теплового острова, опасного в условиях многолетней мерзлоты, что должно приниматься во внимание при развитии социальной инфраструктуры.

В работе рассматривались такие объекты социальной инфраструктуры, как объекты сферы образования, здравоохранения, спорта, отдыха и развлечений, гостеприимства, культуры и искусства, деятельности по предоставлению продуктов питания.

В таблице 2 показано количество объектов социальной инфраструктуры в рассмотренных городах СЕ.

Таблица 2 – Объекты социальной инфраструктуры арктических городов Северной Европы на 2022 г. [6]

Объекты социальной инфраструктуры	Центры расселения							
	Оулу	Рейкьявик	Умео	Тромсё	Ровани-еми	Лулео	Будё	Нуук
Университеты и школы	15	16	8	11	4	3	1	1
Больницы	8	9	4	5	3	4	4	1
Спорткомплексы, парки культуры и отдыха	68	69	59	29	18	27	19	1
Отели	96	195	24	55	83	20	19	8
Музеи, библиотеки	30	23	20	16	22	10	7	4
Театры, кинотеатры	14	16	15	19	7	8	2	2
Удаленность от столицы, км	610	0	650	1750	830	910	1210	0

Изучение социальной инфраструктуры позволяет прийти к следующим выводам: несмотря на большую удаленность от столичных агломераций, все эти города характеризуются высоким уровнем развития социальной инфраструктуры, обеспечивающей их населению достойное качество жизни. Об этом косвенно свидетельствует индекс Счастья [7], где страны СЕ занимают Топ-10. При развитии современной инфраструктуры все города стремятся придерживаться принципа «зеленого урбанизма», а также ориентируются на цели устойчивого развития ООН, и делают это довольно успешно. Об этом свидетельствуют проекты высокотехнологичных объектов по городам Северной Европы, представленные в информационном интернет-ресурсе «Арктическая библиотека», в качестве наиболее успешных решений и образцов «лучшей практики» [8]. Отдельные арктические города периодически выбираются «культурными столицами Европы». Несмотря на удаленное географическое положение и суровые климатические условия, арктические города могут развиваться как «Smart City», что будет способствовать увеличению рождаемости и привлечению трудоспособного населения. В городах появляются приспособленные к северному климату многофункциональные здания, в которых размещаются сразу несколько объектов инфраструктуры. В частности, помещения театра могут вмещать детскую библиотеку, бесплатный коворкинг, места для встреч и проведения общественных мероприятий. Поскольку климат препятствует развитию горизонтальных связей, создаются соответствующие северным условиям общественные пространства. В результате этого инфраструктура городов по праву может считаться экологичной.

Каждый город имеет постоянное население, достаточно диверсифицированную экономику и свой неповторимый облик. На основе изученных данных об арктических городах СЕ можно произвести классификацию выбранных городов. Университетскими городами национального и регионального уровня являются: Оулу, Умео, Тромсё, Лулео, Нуук. Города, представляющие собой туристские дестинации – Рейкьявик (одновременно столица) и Рованиemi. Городом коммуникаций, торговли, услуг является норвежский порт Будё. Для всех этих городов градообразующим объектом является университет. Университеты, в свою очередь, объединяются для развития не только своих городов, но и всей арктической территории.

Если в СЕ преобладают университетские города, то в РФ – города при месторождениях полезных ископаемых. За вычетом активно функционирующих портовых городов и адми-

нистративных центров все остальные представляют собой промышленные, монопрофильные города. В основном это внутриконтинентальные города и деградирующие порты вдоль Северного морского пути. Присутствуют вахтовые поселки ведомственной принадлежности, выполняющие некоторые функции городов. В северных городах-базах представлен более широкий спектр услуг, чем в городах той же численности в основной зоне расселения. Моногорода расширяют свои функции. Это безальтернативные центры оказания услуг для окружающей территории. Так, узкоспециализированные промышленные центры Воркута, Новый Уренгой, Норильск по факту являются центрами оказания услуг населению независимо от административных границ. Причем социальные услуги оказываются всему населению, включая представителей коренных малочисленных народностей Севера, рабочих-вахтовиков, военнослужащих и членов их семей. Ведомственная, оборонная инфраструктура может использоваться в социальных целях. Что касается медицинских организаций, то, независимо от статуса города, они должны оказывать широкий спектр услуг и экстренная помощь. Вместо иерархической сети распределения функций в сфере медицины следует организовать сеть относительно универсальных центров оказания экстренной медицинской помощи, хирургия, родовспоможение, травматология и т.п.

Собранная в сети интернет [9] информация о количестве объектов СИ циркумполярных городов РФ представлена в таблицах 3 и 4. Также использовались данные научной работы [10].

Особенностью арктических городов является выполнение ими комплекса социально-культурных функций вне зависимости от величины города и численности его населения. Представляется, при определении целей развития социальной инфраструктуры надо ориентироваться не на нормативы обеспеченности объектами исходя из плотности населения, а на статус данного города в сети опорных населенных пунктов (ОНП), закрепленный в общей стратегии социально-экономического развития. Исследователями [10] выделено четыре группы ОНП с учетом их воздействия на обеспечение национальной безопасности и социально-экономического развития российской Арктики:

1) ключевые ОНП с максимальным воздействием (Апатиты, Кировск, Мурманск, Нарьян-Мар, Новый Уренгой, Норильск, Салехард);

2) со средним воздействием (Воркута, Кандакша, Кола, Лабытнанги, Мончегорск, Певек, Полярный);

3) с ограниченным воздействием (Билибино, Гаджиево, Заозерск, Игарка, Инта, Оленегорск, Островной, Полярные Зори, Североморск, Снежногорск, Средеколымск);

4) ОНП локального значения (Верхоянск, Заполярный)<sup>10</sup>.

Таблица 3 – Объекты социальной инфраструктуры арктических крупных городов РФ на 2022 г. (с населением более 20 тыс.)

Объекты социальной инфраструктуры	Мурманск	Норильск	Новый Уренгой	Апатиты	Североморск	Воркута	Салехард	Мончегорск	Кандалакша	Лабытнанги	Кировск	Нарьян-Мар	Инта	Дудинка	Оленегорск
Образование (детсады, школы, дополнительное образование, колледжи, вузы)	592	170	130	39	50	63	92	46	28	18	23	56	27	21	21
деятельность по предоставлению продуктов питания и напитков (кафе, столовые)	615	196	220	26	43	39	88	30	15	6	15	67	16	3	18
деятельность в области здравоохранения (больницы, поликлиники)	546	155	92	14	49	23	60	13	14	6	2	40	7	2	10
деятельность в области спорта, отдыха и развлечений (стадионы, спортивные залы, спортивные школы, парки культуры и отдыха)	230	61	21	16	40	19	38	10	4	8	18	33	3	4	9
предоставление мест временного проживания (отели)	38	47	98	7	10	9	68	3	2	3	15	15	1	1	5
деятельность библиотек, архивов, музеев, выставочных галерей, культурных центров и прочих объектов культуры	138	35	32	2	39	3	30	6	4	4	10	17	4	10	12
творческая деятельность, деятельность в области искусства и организации развлечений (театры, кинотеатры, дворцы и дома культуры)	72	25	23	6	21	4	34	5	2	2	1	24	1	5	8
специализация	Адм. центр, порт	моногород			ЗАТО	моногород		моногород			моногород		моногород		моногород

<sup>10</sup> Приведены города из списка рассматриваемых нами циркумполярных городов.

Помимо медицинских учреждений, в число оснований для выделения опорных населенных пунктов (ОНП) были включены объекты культурного и природного наследия федерального значения, а также населенные пункты с учреждениями, способствующими сохранению

и развитию культуры коренного или старожильческого населения, а также с учреждениями, оказывающими услуги населению окружающей территории в объеме не менее 25 % от объема услуг, оказываемых населению в районе расположения таких учреждений. [10]

Таблица 4 – Объекты социальной инфраструктуры арктических малых городов РФ на 2022 г. (с населением менее 20 тыс.)

Объекты социальной инфраструктуры	Полярный	Заполярный	Полярные зори	Гаджиено	Снежногорск	Кола	Заозерск	Билибино	Певек	Игарка	Среднеколымск	Островной	Верхоянск
Образование (детсады, школы, дополнительное образование, колледжи, вузы)	18	16	37	11	27	12	10	7	5	10	13	5	6
деятельность по предоставлению продуктов питания и напитков (кафе, столовые)	14	6	23	12	13	9	7	2	3	1	2	1	1
деятельность в области здравоохранения (больницы, поликлиники)	1	4	22	9	18	3	14	3	3	2	3	4	1
деятельность в области спорта, отдыха и развлечений (стадионы, спортзалы, спортивные школы, парки культуры и отдыха)	5	3	6	4	4	3	6	-	2	2	3	-	-
предоставление мест временного проживания (отели)	4	2	13	3	6	1	4	1	1	2	1	-	2
деятельность библиотек, архивов, музеев, выставочных галерей, культурных центров и прочих объектов культуры	4	1	12	3	7	4	11	2	2	5	3	1	2
творческая деятельность, деятельность в области искусства и организации развлечений (театры, кинотеатры, дворцы и дома культуры)	5	2	2	1	15	1	6	1	1	1	2	1	2
Специализация	ЗАТО	моногород	Кольская АЭС	ЗАТО			ЗАТО		моногород пор			ЗАТО	

Также существуют критерии для выделения ОНП в сфере инновационного и информационного обеспечения социально-экономического развития АЗРФ в зависимости от наличия объектов сферы образования и науки.

Специализация города, приоритеты социальной политики предопределяют направления дальнейшего развития социальной инфраструктуры.

В зависимости от группы ОНП предлагаются определенные меры государственной поддержки данных городов и их социальной инфраструктуры. Это регулярные и специализированные пакеты мер.

Для стратегических ОНП (Североморск – ЗАТО) предусматривается содействие реновации жилья, развитию детского образования, сферы торговли и бытового обслуживания, для

Нарьян–Мара, Анадыря – развитию транспорта, связи, интернета. Для Мурманска, Салехарда, Игарки, имеющих статус опорных социально-культурных центров, предусматривается региональное развитие медицинской инфраструктуры в бездорожных районах, закупка дополнительного оборудования для здравоохранения, образования, культуры, домов культуры и библиотек, развитие туристской инфраструктуры. Мурманск и Норильск (как центры инновационного и информационного обеспечения социально-экономического развития АЗРФ) ожидают содействия развитию организаций высшего и среднего специального образования, лабораторий, подразделений НИОКР.

По отношению к Норильску, Мончегорску, Новому Уренгою предполагается повышение качества городской среды, развитие социальной инфраструктуры на условиях государственно-частного партнерства и перераспределение части налоговых отчислений предприятий в специальный фонд при местном бюджете. Содействие развитию туризма запланировано для полифункциональных транспортно-логистических центров Мурманска, Нового Уренгоя, Певека.

В настоящее время есть положительный опыт использования механизма ГЧП при строительстве спортивных сооружений в Мурманске и Норильске, школ в Новом Уренгое и Салехарде (с детсадами), культурно-делового центра на территории недействующего судоремонтного завода в Мурманске, медицинского центра репродукции в Мурманске, природного парка в Териберке, панорамного ресторана в Кировске и пр. Каждый третий проект в инвестиционном портфеле Мурманской области – в сфере туризма [11]. В Арктике в социальных ГЧП-проектах могут участвовать как крупные недропользователи, так и микропредприятия сферы услуг. Правительство РФ предоставляет меры государственной поддержки и систему преференций для арктических инвесторов, участвующих в ГЧП проектах. Интерес вызывает возможность бесплатного получения «арктического гектара». Многие крупные компании ведут также благотворительную и спонсорскую деятельность, уделяют внимание развитию социальной инфраструктуры.

О масштабах участия крупных компаний и местных администраций в арктическом регионе в создании социальной инфраструктуры можно судить по «Полярному индексу». Расчет его показателей предполагает определение индекса устойчивого развития компании. Последний включает в себя совокупность экономических, социальных и экологических параметров.

Подчеркнем, что социальные параметры включают величину вложений компаний в социальную инфраструктуру в районах деятельности. Такими лидерами по социальному развитию являются крупнейшие российские компании Роснефть, СИБУР холдинг, Газпром нефть, НОВАТЭК, Лукойл [12].

В Норвегии по уровню полярного индекса лидирует нефтегазовая компания Equinor. Второе место занимает шведская горно-металлургическая компания Boliden Group. На третьем месте канадское предприятие Agnico Eagle Mines, разрабатывающее в Лапландии золотой рудник Киттиля. Все эти компании демонстрируют социальную ответственность бизнеса [13].

В Дании, Финляндии, Норвегии развитие арктических территорий и формирование в их пределах совокупности объектов социальной инфраструктуры является приоритетной национальной целью. Развитие Северных регионов Исландии и Швеции встроено в общую систему регионального регулирования. Входящие в состав ЕС Швеция и Финляндия ранее получали от этой организации значительное финансирование на развитие полярных областей. Инструменты региональной политики, относящиеся к арктическим территориям Северной Европы заметно различаются. Программно-целевой подход используется в Финляндии, система межбюджетного выравнивания применяется в Швеции и Исландии, грантовое финансирование производят в Дании, налоговые инструменты и фонды развития, формируемые за счет доходов от использования ресурсов Арктики, характерны для Норвегии [14]. Социальные проекты в рамках ГЧП достаточно давно реализуются в Дании, Норвегии, Финляндии, сравнительно недавно – в Швеции и Исландии [15].

Как мы видим, особенности и масштаб проблем, связанных с развитием социальной инфраструктуры в РФ и СЕ существенно различаются. Однако это не исключает возможности использования общих способов их решения.

### *Литература*

1. Балабейкина О.А., Файбусович Э.Л. Уровень урбанизированности территории Российской Федерации: региональный разрез // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. № 1(44). С.72-82. doi: 10.17072/2079-7877-2018-1-72-82
2. Балабейкина О.А., Кузнецов Л.М., Попутнева М.И. Уровень урбанизированности территории: Кейс Швеции // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 1(60). С. 60-72. doi: 10.17072/2079-7877-2022-1-60-72

3. AZ Nations [Электронный ресурс] / Population of the Earth. – 2022. – Режим доступа: [https:// aznations.com](https://aznations.com), свободный. – Загл. с экрана – Яз. англ.
4. Смирнов А.В. Население мировой Арктики: динамика численности и центры расселения // Арктика и Север. 2020. № 40. С. 270-290. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2020.40.270
5. Population statistics for cities, agglomerations and administrative divisions <https://www.citypopulation.de/mapindex.html>
6. Ерохина В.М. Социальная инфраструктура арктических городов Северной Европы. Выпускная квалификационная работа, СПбГЭУ, 2022
7. Official 2022 World Happiness Report Ranking. Рейтинг стран мира по индексу счастья людей 2022
8. Библиотека практик развития и благоустройства среды арктических поселений. Электронный ресурс. <https://arctic-library.ru/>
9. Справочник организаций России и СНГ. Электронный ресурс. <https://jsprav.ru/>
10. Опорные населенные пункты Российской Арктики : материалы предварительного исследования / АНО «Информационно-аналитический центр Государственной комиссии по вопросам развития Арктики», АНО «Институт регионального консалтинга».- б.м. : б.и., 2022.- 246 с.
11. Дайджест Корпорации развития Мурманской области, № 3, сентябрь 2021
12. Полярный индекс. Рейтинг устойчивого развития компаний, работающих в Российской Арктике. М., Экспертный центр Проектный офис развития Арктики «ПОРА». 2020
13. Полярный индекс Баренц-региона. Рейтинги устойчивого развития провинций и компаний. М., Экспертный центр Проектный офис развития Арктики «ПОРА». 2019
14. Бадылевич Р.В. Исследование зарубежного опыта реализации финансового регулирования развития арктических территорий и возможностей его применения в северных регионах РФ // Арктика и Север. 2021. № 44. С. 5–29. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.44.5
15. Торопушина Е.Е., Башмакова Е.П. Государственно-частное партнерство в социальной сфере арктических стран Европы // Вопросы государственного и муниципального управления. - 2020. № 4 С. 167-190.

УДК 631.95:658.5

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В БИОЭТАНОЛ

В.Г. Борщёв<sup>1</sup>, М.Н. Григорьев<sup>2</sup>, М.А. Царькова<sup>3</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А*

Статья посвящена проблемам переработки отходов животноводства. Здесь рассмотрены существующие способы утилизации, их достоинства и недостатки, предложена переработка отходов в биоэтанол. Данная технология проанализирована с точки зрения экономического и экологического эффектов.

*Ключевые слова:* Биотопливо, биоэтанол, животноводство, отходы, переработка, навоз, помёт.

## INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR PROCESSING ANIMAL WASTE INTO BIOETHANOL

V. G. Borshev, M. N. Grigoriev, M. A. Tsarkova  
*St. Petersburg State University of Economics,*

*Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboedov Canal, d. 30-32, letter A.*

The article is devoted to the problems of animal husbandry waste processing. The existing methods of disposal, their advantages and disadvantages are considered here, waste recycling into bioethanol is proposed. This technology is analyzed from the point of view of economic and environmental effects.

*Keywords:* Biofuels, bioethanol, animal husbandry, waste, processing, manure, droppings.

*Борщёв Виталий Геннадьевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры торгового дела и товароведения, доцент, тел.: +7 921 646 71 29, e-mail: vgb@inesop.ru;*

*Григорьев Максим Николаевич – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры торгового дела и товароведения, тел.: +7 911 730 44 41, e-mail: grigmax@yandex.ru;*

*Царькова Мария Алексеевна – студент 3 курса, тел.: +7 911 024 74 47, e-mail: tsarkovamary@gmail.com*

## Введение

Проблемы загрязнения окружающей среды в последнее время волнует всё больше и больше государств, что подтверждается разработанными Генеральной ассамблеей ООН целями устойчивого развития (ЦУР). [1] Россия, как одно из государств-членов ООН, участвовала в разработке данных целей, а сейчас несёт ответственность за их достижение. Одной из ЦУР является «Обеспечение доступа к недорогим, надёжным, устойчивым и современным источникам энергии для всех», которая заключается в том, чтобы расширить инфраструктуру и модернизировать технологии для обеспечения чистой, более эффективной энергетики, стимулировать рост и способствовать охране окружающей среды во всех странах. [2] Исходя из этого, мы провели социо-эколого-экономический анализ источников энергии, которые направлены на достижение этой цели и выяснили, что на данный момент в основном такими источниками являться солнечная и ветровая энергии. Действительно, данные источники энергии являются карбонейтральными, однако техника и средства, на основе которых они производятся, нет. Более того, не учитывается тот факт, что всё больше вырастает проблема утилизации и переработки отходов, которая возникает в результате увеличения численности населения, в частности, увеличения поголовья животных для обеспечения продуктами питания всё возрастающего населения Земли. Одним из перспективных решений данной проблемы, на наш взгляд, является разработка и внедрение технологии переработки отходов животноводства в биоэтанол, о чём мы и поговорим дальше.

## Основная часть

В связи с ростом населения, возрастающие объёмы производства в выбранной области влекут за собой соответствующий объём отходов (навоза, помёта), которые относятся, в основном, к III классу опасности (умеренно-опасный) и по большей части отправляются на полигоны, где ежегодно с одного захоронения в атмосферу выбрасывается 1 047,046679 тонн метана в год (данные на 04.03.2021). [3, 4] Помимо метана отходами выделяется огромное количество других вредных веществ: аммиак, углерода диоксид, диметилсульфид и др. [4] Сам процесс высушивания, упаковки, доставки и захоронения помёта требует значительных финансовых вложений со стороны производителя. В связи с

чем, часто навоз/помёт отправляют на нелегальные свалки, что помимо парниковых газов, вызывает опасность заражения почв. Более того, обычно утилизация навоза проводится недалеко от ферм, что дополнительно приводит к окислению почв, отчуждению сельскохозяйственных земель, загрязнению грунтовых вод, выбросам в атмосферу парниковых газов. Всё это крайне негативно сказывается на экологической обстановке. [5]

На сегодняшний день в мировой практике выделяют 4 легальных способа утилизации навоза/помёта: захоронение на полигонах, компостирование, переработка в корм и биоэнергетический метод (получение метана).

Первый метод, который мы рассмотрим – вывоз отходов на поля. Недостатков у него в разы больше, чем достоинств. Во-первых, транспортировка большого количества навоза требует немалых финансовых затрат. Во-вторых, при таком способе в почву и грунтовые воды попадают токсины, бактерии, возбудители различных заболеваний, семена сорняков, в самих же растениях накапливаются нитраты, цинк и медь. Несмотря на все недостатки, вывоз на поля остаётся достаточно популярным методом утилизации, так как является самым простым, а в случае использования нелегальных свалок ещё и бюджетным. [6]

Метод компостирования делится на естественное и ускоренное. Слабой стороной естественного компостирования является долгий процесс, занимающий от 4 месяцев и более. Метод компостирования имеет преимущество – он обогащает грунт без какого-либо вреда для него. Однако для получения такого удобрения требуется выделять огромные участки земли, так как отходы животноводства необходимо складировать, подготавливать сырьё, которое будет использоваться для снижения уровня влажности массы (это может быть солома, растения), закупать дорогостоящую технику для автоматизации и ускорения процесса, что несёт в себе большие затраты. Более того подобные удобрения пользуются достаточным спросом в основном в южных регионах страны, где климат позволяет выращивать достаточно культур. На севере, например, в Ленинградской области, земель, предназначенных для растениеводства значительно меньше, чем будет производиться компоста от животноводческих хозяйств.

Метод получения корма из помёта. В развитых западных странах такой метод ока-

зался не особенно популярны, для балансирования питательности там имеется большое количество сои, продуктов её переработки (белок) и кукурузы (энергия). В России эти культуры растут плохо и далеко не везде, поэтому применение помёта для обогащения рациона крупного рогатого скота белком на сегодняшний день очень актуально. Однако для такой подкормки использовать можно в основном помёт, что не решает проблем с утилизацией навоза. Также ограничен и круг потребителей: ими смогут быть только мясокомбинаты, выращивающие бычков и производящие говядину, для производителей молочной продукции такие корма будут не нужны. Более того, в процессе производства такого корма выделяется дурно пахнущий газ, что создаёт дополнительные проблемы с расположением и обустройством производства.

Биоэнергетический метод основан на применении биогазовых установок. Недостатками такого способа являются значительные денежные вложения на первых этапах, а также необходимость сотрудничества нескольких предприятий для организации совместной переработки отходов. [7]

### **Предлагаемое решение**

Технология получения биоэтанола из отходов животноводства является совершенно инновационной, в производственных целях она пока нигде не применяется. Для переработки навоза и помёта требуются такие компоненты как: серная кислота, тёртый мел, вода, сахар и дрожжи. Растительный биоэтанол производится из крахмалосодержащих и сахаросодержащих сельскохозяйственных культур (сахарный тростник, свёкла, кукуруза, картофель и др.). При производстве биоэтанола из навоза/помёта также сохраняется необходимая концентрация крахмала и/или сахара, так как эти продукты входят в рацион скота. Основными отходами производства будут являться углекислый газ и барда (сухой остаток), которые можно утилизировать комплексом по переработке CO<sub>2</sub> и продажей барды как удобрений для фермеров. Следовательно, мы выходим на практически безотходное производство и получаем возможность торговать карбоновыми кредитами на мировом рынке. [8, с. 2]

Рассмотрим поставщиков и потребителей продукции. Поставщиками сырья будут являться предприятия животноводческого ком-

плекса, которые есть в каждом регионе Российской Федерации. Потенциальными потребителями же будут:

Во-первых, энергетические компании, которым в ближайшем будущем необходимо перейти на производство более экологичного вида топлива, уходя от исчерпаемых источников энергии. Такие компании смогут смешивать биоэтанол с бензином в различной концентрации и, в дальнейшем, поставлять его на автозаправочные станции (АЗС). На данный момент при использовании топлива E10 (90% бензина и 10% биоэтанола) двигатель внутреннего сгорания (ДВС) обычных автомобилей не требует модификаций, в отличие от перехода, например, на газ. А в США, Европе и Бразилии уже распространены автомобили FFV (Flexible-Fuel Vehicle), в которых можно использовать бензин с любой концентрацией биоэтанола (самым популярным и энергоэффективным является E85). [9]

Во-вторых, нашим продуктом заинтересуются химические, фармацевтические, пищевые и другие компании, где используется технический спирт. Только фармацевтических компаний в одном Санкт-Петербурге насчитывается более 20 (НПАО «Биокад», ООО «Инмед», НПАО «Фарм-Холдинг» и др.).

Расположить предприятие планируется в особой экономической зоне (ОЭЗ) технико-внедренческого или промышленно-производственного характера, которые имеются во многих регионах России. Это позволит облегчить выход на рынок за счёт применения различных налоговых преференций (налог на прибыль, имущество, транспортный, земельный налоги, страховые взносы и т. п.). [10]

### **Экономическая эффективность**

Пожалуй, одной из важнейших составляющих любого проекта является его экономическая эффективность. Во сколько обойдётся реализация идеи, окупиться ли она, где взять инвестиции и т. п. Поэтому ниже мы представляем подробные расчёты, сделанные по нашему предприятию за первые 3 года его работы (расчёты проводились до 24 февраля 2022 года).

В 2024–2025 годах будет происходить строительство завода, поэтому прибыль мы получать не будем. В первой половине 2026 завод будет сдаваться различным инспекциям (газ-, электро-, саннадзор и др.). С июня 2026 планируется запустить производство, однако выход на полные мощности (1 000 000 тонн биоэтанола в



год) будет происходить постепенно (с июня по сентябрь). В сентябре, в случае нормальной работы оборудования завод выйдет на полную

мощность. Ниже, на рис. 1, рис. 2, рис. 3, можно ознакомиться с результатами расчётов.

Движения денег (руб)	янв.24	фев.24	мар.24	апр.24	май.24	июн.24	июл.24	авг.24	сен.24	окт.24	ноя.24	дек.24	Итого
+ Входящее сальдо	1 000 000	1 804 557	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267	3 813 267
<b>+ Поступления:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
+ Продажа биотоплива	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа технического спирта	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа карбоновых кредитов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа патентов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>- Платежи:</b>	<b>349 195 443</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>4 157 249 510</b>
- Постройка завода	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	4 147 040 800
- Маркетинг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Логистические затраты	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Покупка оборудования	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Зарплата сотрудников предприятия	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	1 200 000
- Покупка исходного сырья	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Покупка хим. препаратов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Амортизация	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Аренда земли	3 008 710	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 008 710
- Прочее	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	6 000 000
<b>+ Финансирование:</b>	<b>351 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>4 201 000 000</b>
+ Собственные средства	1 000 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000 000
+ Внешние инвестиции	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	4 200 000 000
<b>Итого оборот за период</b>	<b>1 804 557</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>43 750 490</b>
<b>Сальдо на конец периода</b>	<b>1 804 557</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>43 750 490</b>

Рисунок 1 – Финансовый план на 2024 год

Движения денег (руб)	янв.25	фев.25	мар.25	апр.25	май.25	июн.25	июл.25	авг.25	сен.25	окт.25	ноя.25	дек.25	Итого
+ Входящее сальдо	353 000 000	3 804 557	3 813 267	3 813 267	3 813 267	21 464 812	21 464 812	21 464 812	21 464 812	11 564 812	11 564 812	11 458 145	11 998 145
<b>+ Поступления:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
+ Продажа биотоплива	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа технического спирта	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа карбоновых кредитов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа патентов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>- Платежи:</b>	<b>349 195 443</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>346 186 733</b>	<b>4 808 535 188</b>	<b>4 808 535 188</b>	<b>4 808 535 188</b>	<b>4 818 435 188</b>	<b>4 818 435 188</b>	<b>4 818 541 855</b>	<b>4 818 541 855</b>	<b>4 818 601 855</b>	<b>39 905 917 150</b>
- Постройка завода	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	4 147 040 800
- Маркетинг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Логистические затраты	-	-	-	-	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	16 000 000
- Покупка оборудования	-	-	-	-	4 460 348 455	4 460 348 455	4 460 348 455	4 460 348 455	4 460 348 455	4 460 348 455	4 460 348 455	4 460 348 455	35 682 787 640
- Зарплата сотрудников предприятия	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	50 700 000
- Покупка исходного сырья	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Покупка хим. препаратов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Амортизация	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
- Аренда земли	3 008 710	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 008 710
- Прочее	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	6 000 000
<b>+ Финансирование:</b>	<b>353 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>350 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>4 830 000 000</b>	<b>40 043 000 000</b>
+ Собственные средства	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Внешние инвестиции	353 000 000	350 000 000	350 000 000	350 000 000	4 830 000 000	4 830 000 000	4 830 000 000	4 830 000 000	4 830 000 000	4 830 000 000	4 830 000 000	4 830 000 000	40 043 000 000
<b>Итого оборот за период</b>	<b>3 804 557</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>21 464 812</b>	<b>21 464 812</b>	<b>21 464 812</b>	<b>11 564 812</b>	<b>11 564 812</b>	<b>11 458 145</b>	<b>11 458 145</b>	<b>11 998 145</b>	<b>137 082 850</b>
<b>Сальдо на конец периода</b>	<b>3 804 557</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>3 813 267</b>	<b>21 464 812</b>	<b>21 464 812</b>	<b>21 464 812</b>	<b>11 564 812</b>	<b>11 564 812</b>	<b>11 458 145</b>	<b>11 458 145</b>	<b>11 998 145</b>	<b>137 082 850</b>

Рисунок 2 – Финансовый план на 2025 год

Движения денег (руб)	янв.26	фев.26	мар.26	апр.26	май.26	июн.26	июл.26	авг.26	сен.26	окт.26	ноя.26	дек.26	Итого
+ Входящее сальдо	4 825 000 000	3 536 102	395 241	1 393 696	1 393 696	1 393 696	1 329 214	1 192 205 195	2 959 422 515	7 725 552 549	7 725 552 549	7 725 552 549	7 725 552 549
<b>+ Поступления:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2 652 325 980</b>	<b>4 420 543 301</b>	<b>8 841 086 601</b>	<b>8 841 086 601</b>	<b>8 841 086 601</b>	<b>8 841 086 601</b>	<b>42 437 215 686</b>
+ Продажа биотоплива	-	-	-	-	-	-	1 069 128 186	1 781 880 310	3 563 760 621	3 563 760 621	3 563 760 621	3 563 760 621	17 106 050 980
+ Продажа технического спирта	-	-	-	-	-	-	458 197 794	763 662 990	1 527 325 980	1 527 325 980	1 527 325 980	1 527 325 980	7 331 164 706
+ Продажа удобрений	-	-	-	-	-	-	1 125 000 000	1 875 000 000	3 750 000 000	3 750 000 000	3 750 000 000	3 750 000 000	18 000 000 000
+ Продажа карбоновых кредитов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+ Продажа патентов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>- Платежи:</b>	<b>4 821 443 898</b>	<b>4 855 604 759</b>	<b>393 606 304</b>	<b>393 606 304</b>	<b>393 606 304</b>	<b>1 461 670 786</b>	<b>1 461 120 786</b>	<b>1 461 120 786</b>	<b>1 115 534 052</b>	<b>1 115 534 052</b>	<b>1 115 534 052</b>	<b>1 115 534 052</b>	<b>19 703 916 136</b>
- Постройка завода	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	345 586 733	-	-	-	-	2 764 693 867
- Маркетинг	-	-	-	-	-	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	700 000
- Логистические затраты	2 000 000	2 000 000	-	-	-	155 961 749	155 961 749	155 961 749	155 961 749	155 961 749	155 961 749	155 961 749	1 095 732 246
- Покупка оборудования	4 460 348 455	4 460 348 455	350 000	350 000	350 000	-	-	-	-	-	-	-	8 922 096 910
- Зарплата сотрудников предприятия	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	15 000 000	15 000 000	15 000 000	15 000 000	15 000 000	15 000 000	15 000 000	155 000 000
- Покупка исходного сырья	-	-	-	-	-	5 080 464	5 080 464	5 080 464	5 080 464	5 080 464	5 080 464	5 080 464	35 563 246
- Покупка хим. препаратов	-	-	-	-	-	901 922 269	901 922 269	901 922 269	901 922 269	901 922 269	901 922 269	901 922 269	6 313 453 883
- Амортизация	-	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	37 169 570	408 865 274
- Аренда земли	3 008 710	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 008 710
- Прочее	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	4 800 000
<b>+ Финансирование:</b>	<b>4 825 000 000</b>	<b>4 856 000 000</b>	<b>395 000 000</b>	<b>395 000 000</b>	<b>395 000 000</b>	<b>1 463 000 000</b>	<b>1 000 000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12 330 000 000</b>
+ Собственные средства	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Внешние инвестиции	4 825 000 000	4 856 000 000	395 000 000	395 000 000	395 000 000	1 463 000 000	1 000 000	0	0	0			

Итак, мы видим, что суммарные затраты за 3 года составят 23 623 946 701 рубль. Доход компании будет складываться от 5 позиций: присадка к топливу, технический спирт, удобрения, карбоновые кредиты, патенты. Рассмотрим каждую из позиций отдельно.

На сегодняшний день, биоэтанол стоит от 0,5 до 0,8 долл. США за литр. В своих расчётах мы будем использовать цену 0,8 долл. США за литр (по курсу 1 долл. США = 77,8936 рублей, цена будет равняться – 62,3149 рублей), ниже объясняем, почему:

1. Проанализировав различные источники, мы пришли к выводу, что цены на биоэтанол постоянно растут.

2. Растут и цены на нефть, что является крайне выгодным для производителей экологических видов топлива.

3. Ужесточаются мировые требования в сфере экологии.

4. Технологии производства биоэтанола постоянно улучшаются, и такой «усовершенствованный» биоэтанол по разным оценкам вскоре будет стоить от 1,04 до 1,45 долл. США за литр. [11]

Поэтому логично предположить, что к моменту постройки и запуска завода (середина 2026 года), цена на биоэтанол значительно вырастет и скорее всего будет даже выше 0,8 долл. США.

Наш завод имеет мощность в 1 000 000 тонн биоэтанола в год. Выход на полную мощность планируется только в сентябре 2026 года, т. е. примерно через 3–4 месяца от начала функционирования завода. Полученный биоэтанол будет продаваться по двум направлениям: присадка к топливу и технический спирт. Точное распределение этанола между этими двумя направлениями будет сделано как раз в эти 3–4 месяца стартового функционирования, когда станет ясным спрос на каждую позицию.

Дополнительным источником прибыли будет барда (сухой остаток). Для расчёта количества барды была проведена аналогия с производством браги (вида домашнего пива), при производстве которого примерно 30% исходного объёма браги будет занимать барда. Логично предположить, что и на нашем производстве будет соблюдена такая пропорция. Следовательно, в год мы будем получать примерно 300 000 тонн барды, которую можно продавать как удобрение. Рыночная цена на удобрения из помёта/навоза составляет примерно 150 рублей за кг. Таким образом, в месяц мы сможем получить:  $300\,000 * 1000$  (переводим в кг) / 12 месяцев \* 150 рублей = 3 750 000 000 рублей дополнительного дохода. [12, 13]

Что же касается углеродных кредитов и патентов, то сейчас трудно предсказать, сколько можно на них заработать. И одни, и другие зависят от спроса на рынке, успеха функционирования нашего предприятия, политической, экономической обстановки и других факторов. [14]

Таким образом, за год работы на полных мощностях мы сможем заработать 106 093 039 216 рублей без учёта карбоновых кредитов и патентов. Годовые затраты в обычное время (после окончания строительства и ремонтов) будут составлять примерно 13 386 408 630 рублей. Следовательно, приблизительный объём прибыли будет:  $106\,093\,039\,216 - 13\,386\,408\,630 = 92\,706\,630\,586$  рублей. Осталось узнать, за сколько лет сможет окупиться наше предприятие.

Суммарные инвестиции за три года получились равными 20 373 000 000 рублей (4 201 000 000 рублей за первый год, 11 868 000 000 за второй год и 4 304 000 000 за третий год). В написании сумм инвестиций нами брался небольшой зазор, в зависимости от операций, проводимых в этот год. Он нужен на случай непредвиденных расходов, которые на данном этапе проработки проекта учесть не удалось. Например, мы не знаем точных базисных условий поставок оборудования, не знаем к каким ценовым предложениям мы сможем прийти с поставщиками сырья, что-то могли не учесть в строительстве завода, так как это будет отдельно проговариваться и просчитываться с ген. подрядчиком и т. п.

Итак, после анализа суммарных инвестиций и прибыли, можно сказать, что при благоприятной обстановке наше предприятие окупится за 2–3 года своей работы.

Развивать проект планируется через государственно-частное партнёрство (ГЧП), с привлечением как региона и государства в целом, так и частных инвесторов. Более того, в связи с инновационностью проекта, решением большого количества экологических проблем, достижением ЦУР проект может претендовать на гранты (молодые предприниматели, зелёная экономика и др.), венчурные фонды, выгодные кредиты и просто участие на краудфандинговых платформах.

#### **Достоинства и уникальность**

Мы видим, что проект получился достаточно дорогостоящим, поэтому для привлечения таких больших инвестиций придётся хорошо обосновать эффективность проекта. Для этого рассмотрим основные преимущества от внедрения нашей технологии:

1. Для использования топливной смеси биоэтанола и бензина Е10 не нужно менять ДВС

и делать какие-либо модификации в автомобиле, как, например, при переходе на газ или электроэнергию. Подробнее это можно увидеть в таблице 1, столбец 3. [15]

Таблица 1 – Необходимые модификации в автомобиле при использовании топлива с добавлением биоэтанола [15]

%	Правовые ограничения	Изменения в автомобиле	Логистика	Где применяется
До 5	Нет	Нет	Нет	ЕС, США
5-10	Да	Нет	Нет	США
10-25	Да	Да	Нет	Бразилия
E85	Нет	Да	Особый насос	ЕС, США
E100	Нет	Да	Особый насос	Бразилия

2. Благодаря более высокому соотношению местных продуктов и реагентов, при сжигании спирта давление в ДВС получается бóльшим, чем при сжигании бензина. Также улучшаются выходная мощность и тепловой КПД. Спирты обладают более высоким средним октановым числом чем бензин, поэтому могут значительно повышать мощность. В целом общая энергоэффективность топлива улучшается.

3. Снижение импортной зависимости от поставок нефти в результате использования альтернативного топлива.

4. Возможность накапливать и продавать карбоновые кредиты.

5. Поскольку спирты легко смешиваются водой, могут смываться ею, распадаются при попадании в землю, то их утечки и разливы из танкеров не так опасны для природы. [9]

6. Биоэтанол обладает положительным энергетическим балансом, который колеблется от 1,24 до 8 в зависимости от используемого вида сырья. Сжигая этанол, мы получаем в несколько раз больше энергии, чем затратили на его производство. По этому показателю биоэтанол сильно опережает дизель, бензин и прочие нефтяные продукты, которые требуют на себя такие расходы как: разведка, добыча, транспортировка, переработка. Всё это понижает их топливный баланс, делая его ниже 1. [16]

7. В результате перехода на биоэтанол количество твёрдых частиц в цикле с горячим стартом снижается на 96–97%, уменьшаются выбросы угарного газа на 81% с топливом E10 и на 87% со смесью E85, а также углекислого газа на 13 и 17% соответственно. В целом токсичность выхлопа снижается на 72 и 83%, а количество выбросов парниковых газов на 85%, что безусловно способствует улучшению экологической обстановки. [17]

8. Для производства растительного биоэтанола требуются огромные плантации. Это приводит к дополнительным проблемам. Так в Бра-

зилии вырубается леса Амазонки для выращивания там сахарного тростника, а в США кукуруза выращивается теперь в основном для промышленных целей, так как фермерам выгоднее продавать её на топливо. Несмотря на то, что многие люди испытывают голод, растительная продукция идёт на топливо. Биоэтанол животного происхождения производится из практически не нужного сырья, для которого не требуются огромные плантации.

9. Поскольку для получения растительного биоэтанола требуется выращивать сырьё, платить за дорогостоящую технику, рабочий труд, то конечный продукт получается не сильно дешевле бензина, а иногда даже дороже. Животный же биоэтанол не требует таких энерго- и денежных затрат, поэтому получается дешевле.

10. Растительный биоэтанол сильно зависит от погодных условий и урожая. Случалось так, что при низком урожае или росте цен на сахар в Бразилии просто нечем было заправлять машины, практически все из которых уже работают на биоэтаноле. Более того, самые энерго- и экономически выгодные растения, используемые для создания биоэтанола (богатые сахаром и крахмалом), а именно сахарный тростник и кукуруза, в России просто не будут расти из-за сурового климата.

11. Во время выращивания растений для биоэтанола выбросов CO<sub>2</sub> образуется примерно столько же, сколько экономится на переходе с бензина на биоэтанол, а, следовательно, это теряет всякий смысл. [16]

Таким образом, преимуществ от использования биоэтанола и нашей технологии в частности много. Именно поэтому в мире в топливной промышленности уже давно применяется смесь этанола с бензином (правда исключительно растительного происхождения). Этот опыт я и предлагаю сейчас рассмотреть.

### Опыт применения

На сегодняшний день лидерами в производстве биоэтанола являются Бразилия и США. Толчком к развитию спиртовых автомобилей стал нефтяной кризис 70-х годов прошлого века. В Бразилии было принято решение получать биоэтанол из сахарного тростника, что оказалось очень выгодным, так как тростник является одной из самых «калорийных» культур, пригодных для производства биотоплива. Один гектар тростникового поля можно переработать в 7 тыс. литров биоэтанола.

В США же пошли другим путём, там этанол получают из кукурузы, что является гораздо менее эффективным. Энергетический баланс такого топлива в 7 раз уступает бразильскому. С гектара кукурузного поля можно получить только 3800 литров этанола. В ЕС производство этанола ещё менее выгодно. Здесь в переработку идёт сахарная свёкла, из которой можно получить лишь 2500 литров топлива. Поэтому в США и ЕС проекты по добыче биоэтанола субсидируются государством, в отличие от Бразилии, где всё является самокупаемым. [18]

Что касается России, то в ноябре 2018 Госдумой были приняты поправки в Федеральный закон «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции». Теперь действие закона о госрегулировании производства и оборота этилового спирта не будет распространяться на производство и (или) оборот автобензина, произведенного с добавлением этилового спирта или спиртосодержащей продукции и соответствующего топливному регламенту Таможенного союза. [19]

Данный закон подтолкнул многие регионы к началу производства биоэтанола. Так подобные предприятия начали открываться в: Саратове, Курске, Воронеже, Брянске, Уфе и других регионах.

Однако раньше всех производство открыла Северная Осетия, где в больших объёмах производилась водочная продукция. Дело в том, что после отказа Росалкогольрегулирования продлевать лицензии алкогольным предприятиям Северной Осетии, многие из них прекратили своё существование. Так появилась идея перепрофилировать простаивающие заводы на производство биоэтанола, которые уже тогда показывал устойчивую положительную динамику на мировом рынке.

У всех подобных проектов возникает ряд проблем. Во-первых, для производства растительного биоэтанола потребуются излишки зерна, иначе производства будут попросту простаивать, как, например, происходит в Европе, где биоэтанол производят из нереализованных остатков растительного масла или зерна. Для выращивания таких объёмов зерна придётся значительно увеличить посевные площади.

Во-вторых, в России более актуальны другие способы глубокой переработки зерна, например, получение растительных пищевых протеинов, которые по свойствам ближе к мясу, чем протеины из сои, или кормовых добавок для животноводства.

В-третьих, издержки такого производства будут очень высокими, так как зерно нужно сеять, выращивать, собирать, доставлять, перерабатывать и т. д. В результате может оказаться, что с точки зрения углеродного следа производство солянки из нефти окажется даже более экологичным, чем производство биоэтанола из зерна.

С другой стороны, в России сейчас крайне благоприятные условия для налаживания производства биоэтанола (особенно животного). При установившей с октября 2021 года цене нефти выше \$80 за баррель спонсирование выпуска биоэтанола в России становится особенно привлекательным для инвесторов. Более того, биоэтанол находится под действием акциза, что обесценивает его конкуренцию с бензином. Также в России много простаивающих мощностей алкогольной индустрии (в 2018 г. выпуск водки сократился на 1,6%), которые теоретически можно переориентировать на производство биоэтанола для заправки автомобилей. [19, 20]

### Выводы

Итак, мы видим, что проект является достаточно перспективным как с точки зрения экологии, так и экономики. Сложившаяся за последние несколько лет ситуация на рынке делает его ещё более выгодным как для России, так и для мира в целом. Внедрение технологии особенно будет актуально для стран Прибалтики (Эстония, Латвия, Литва). Эти страны не имеют достаточных мощностей для улучшения своей окружающей среды и Евросоюза (ЕС), однако из-за нахождения в ЕС к ним предъявляются те же требования, что и к более развитым странам (Германия, Франция), поэтому применение

нашей технологии будет полезно для них. Благодаря экологизации производства и минимизации выбросов, располагать предприятие можно и вблизи городов, поэтому больших проблем с переносом наших технологий на опыт других стран не будет.

Сейчас мы заканчиваем проработку идеи и начинаем искать инвестиции, путём участия в различных конкурсах и акселераторах (Сколково, Сбер и др.), технологией уже заинтересовалась компания АО «Роскар» во время Фабрики студенческих проектов. Подробнее о проекте можно узнать на нашем сайте (<http://fermrecycling.tilda.ws>).

### Литература

1. The Sustainable Development Goals (SDGs) [Электронный ресурс] // [www.undp.org](http://www.undp.org), 2022. – Режим доступа: URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>, свободный (дата обращения: 23.02.2022)
2. Goal 7 affordable and clean energy [Электронный ресурс] // [www.undp.org](http://www.undp.org), 2022. – Режим доступа: URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals#affordable-and-clean-energy>, свободный (дата обращения: 23.02.2022)
3. Классы опасности отходов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://musor.moscow/blog/klassy-opasnosti-otходov/#III> (Дата обращения 10.10.2021 г.).
4. Официальный сайт АО «Роскар» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.roskar.ru/> (Дата обращения 15.10.2021 г.).
5. Органическое удобрение или отходы: как правильно утилизировать навоз [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://medservise24.ru/blog/medotkhody-i-obrashchenie-s-otkhodami/organicheskoe-udobrenie-ili-otkhody-kak-pravilno-utilizirovat-navoz/> (Дата обращения 15.10.2021 г.).
6. Компостирование навоза и помёта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biokompleks.ru/solutions/kompostirovanie-navoza-i-pometa/> (Дата обращения 15.10.2021 г.).
7. Биогазовые установки. Производство биогаза [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mcx-consult.ru/biogazovye-ustanovki.-proizvodstvo> (Дата обращения 15.10.2021 г.).
8. Чачина С. Б. Получение биоэтанола из органического сырья/ С. Б. Чачина, А. В. Двоян // Омский научный вестник. – 2014. - №2. – С. 2
9. Биоэтанол как альтернатива бензину [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rar.alania.gov.ru/news/277> (Дата обращения 10.10.2021 г.).
10. Площадка Новоорловская [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.spbsez.ru/infrastructure/novoorlovskaya/> (Дата обращения 10.10.2021 г.).
11. Международное агентство возобновляемой энергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.irena.org/costs/Transportation/Bioethanol#:~:text=Advanced%20bioethanol%20is%20estimated%20to,1.45%2FLGE%20at%20current%20prices.> (Дата обращения 23.11.2021 г.).
12. Варианты повторного использования барды (остатки браги) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://2samogona.ru/braga/chto-delat-s-bardoj> (Дата обращения 20.01.2022 г.).
13. Удобрение Огородник куриный помет, 5 кг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clck.ru/aq3cd> (Дата обращения 19.01.2022 г.).
14. Углеродные кредиты для фермеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eagronom.com/ru/carbon-credits-for-farmers/> (Дата обращения 27.12.2021 г.).
15. Спирт с бензином в бак: спирт в бензобак, можно ли заливать, какие последствия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://chippenza.ru/raznoe/spirt-s-benzinom-v-bak-spirit-v-benzobak-mozhno-li-zalivat-kakie-posledstviya.html> (Дата обращения 10.10.2021 г.).
16. В чём плюсы и минусы биоэтанола [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.drive.ru/technic/4efb331a00f11713001e3994.html> (Дата обращения 10.10.2021 г.).
17. Добавление спирта в бензин снижает токсичность «непосредственных» моторов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://autoreview.ru/news/dobavlenie-spirta-v-benzin-snizhaet-toksichnost-neposredstvennyh-motorov> (Дата обращения 15.10.2021 г.).
18. Реализация этанолового проекта в Бразилии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mirec.mgimo.ru/2015/2015-01/realizaciya-etanolovogo-proekta-v-brazilii> (Дата обращения 17.10.2021 г.).
19. Топливные амбиции водочного лобби [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://oilcapital.ru/article/general/04-03-2019/toplivnye-ambitsii-vodochnogo-lobbi> (Дата обращения 17.10.2021 г.).
20. Цены на нефть BRENT [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://quote.rbc.ru/ticker/181206> (Дата обращения 17.10.2021 г.).

**ТРЕБОВАНИЯ  
К МАТЕРИАЛАМ, ПРИНИМАЕМЫМ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ  
ЖУРНАЛЕ  
«ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА»**

**К публикации принимаются материалы научно-технического содержания по актуальным проблемам техники и технологии сервиса машин, приборов и инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства, бытового обслуживания, дизайна, экологии, личного и общественного транспорта, не предназначенные для публикации в других изданиях.**

Материалы, публикуемые в журнале, должны обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по соответствующим правилам (см. <http://unicon.ru/zhurnal-tps>).

Материалы для публикации должны сопровождаться: электронной версией статьи, представленной в формате редактора MicrosoftWord (отправленной по e-mail).

**Статья должна содержать следующие реквизиты:**

- индекс уни-версальной десятичной классификации литературы (УДК);
- название статьи на русском и английском языках;
- фамилию имя отчество автора (авторов) полностью с указанием должности, звания, телефона и электронного адреса;
- полное наименование организации с указанием почтового индекса и адреса;
- аннотацию из 10 – 30 слов на русском и английском языках;
- 3 – 7 ключевых слова или словосочетания на русском и английском языках;
- текст статьи (8 – 15 страниц (14 пт.), номера страниц не указываются) на русском языке;
- литература (библиографические ссылки даются в конце текста в порядке упоминания по основному тексту статьи, в тексте в квадратных скобках указывается порядковый номер). Внутритекстовые, подстрочные и затекстовые библиографические ссылки (списки литературы) должны оформляться в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Статья представляется в электронном виде (на электронном носителе или высылается электронной почтой по адресу: [GregoryL@yandex.ru](mailto:GregoryL@yandex.ru)).

**При оформлении статьи** должны соблюдаться следующие требования.

При наборе текста используется шрифт TimesNewRoman. Интервал текста кратный, без дополнительных интервалов. Лишние пробелы между словами не допускаются. Форматирование текста (выравнивание, отступы, переносы, интервалы и др.) должно производиться автоматически.

**Иллюстрации** представляются в графических редакторах MSWindows. Все иллюстрации сопровождаются подписанными подписями (не повторяющими фразы-ссылки на рисунки в тексте), включающими номер, название иллюстрации и при необходимости – условные обозначения.

**Рисунки** выполняются в соответствии со следующими требованиями:

- масштаб изображения – наиболее мелкий (при условии читаемости);
- буквенные и цифровые обозначения на рисунках по начертанию и размеру должны соответствовать обозначениям в тексте статьи;
- размер рисунка – не более 15x20 см;
- текстовая информация и условные обозначения выносятся из рисунка в текст статьи или подписанные подписи.

Иллюстрации (диаграммы, рисунки, таблицы) могут быть включены в файл текста или быть представлены отдельным файлом.

Все **графики, диаграммы** и прочие встраиваемые объекты должны снабжаться числовыми данными, обеспечивающими при необходимости их (графиков, диаграмм и пр.) достоверное воспроизведение.

**Формулы** должны быть созданы в редакторе формул MSEquation. Защита формул от редактирования не допускается. Формулы следует нумеровать в круглых скобках, например, (2). Величины, обозначенные латинскими буквами, а также простые формулы могут быть набраны курсивом. Все латинские буквы в формулах выполняются курсивом, греческие и русские – обычным шрифтом, функции – полужирным обычным.

**Термины и определения, единицы** физических величин, употребляемые в статье, должны соответствовать действующим национальным или международным стандартам.

На последней странице рукописи должны быть подписи всех авторов. Статьи студентов, соискателей и аспирантов, кроме того, должны быть подписаны научным руководителем.

Редакция не ставит в известность авторов об изменениях и сокращениях рукописи, имеющих редакционный характер и не затрагивающих принципиальных вопросов.

**Итоговое решение об одобрении или отклонении представленного в редакцию материала принимается редакционным советом и является окончательным.**

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и  
массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации –  
ПИ № ТУ 78-01571 от 12 мая 2014 г.

Журнал входит в Российский индекс научного цитирования  
[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=28520](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28520).

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны  
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание уче-  
ной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук  
по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки,  
по которым присуждаются ученые степени:

05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта  
(технические науки);

05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях (по отраслям)  
(технические науки);

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством  
(по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки);

Электронная версия журнала расположена по адресу:  
<http://unecon.ru/zhurnal-ttps>

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

### *Технико-технологические проблемы сервиса* №3(61)/2022

---

Подписано в печать 08.09.2022 г. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура  
TimesNewRoman. Печать офсетная. Объем 15,3 п.л. Тираж 500 экз. Заказ № 719

---

Адрес издателя и типографии: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А  
Отпечатано на полиграфической базе СПбГЭУ