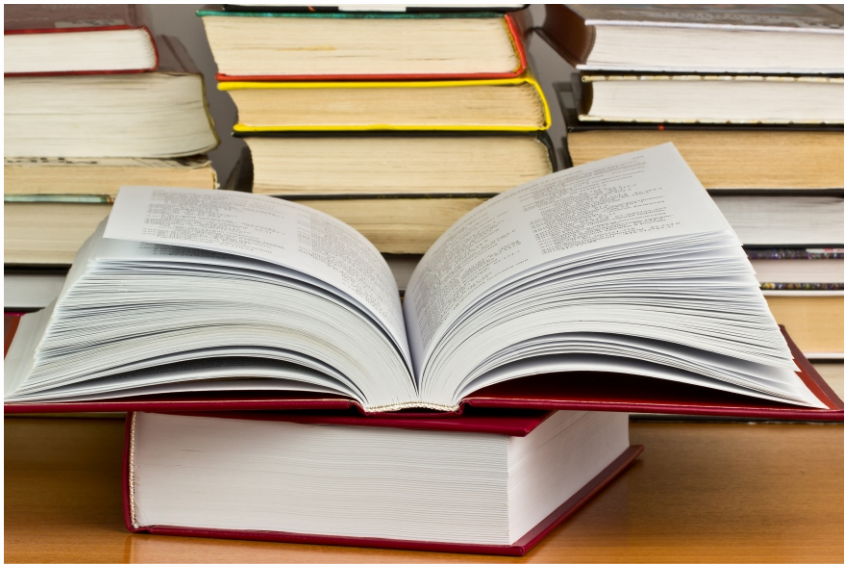
НАУЧНЫЙ ПОИСК

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

МАТЕРИАЛЫ ВОСЕМНАДЦАТОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ АСПИРАНТОВ И ДОКТОРАНТОВ



ЧЕЛЯБИНСК 2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет

Ч21.я43
Н347

НАУЧНЫЙ ПОИСК

Материалы восемнадцатой научной конференции
аспирантов и докторантов

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2026

ББК Ч481.46.я43 + Ч215.1.я43
Н347

Оргкомитет восемнадцатой научной конференции
аспирантов и докторантов:

Коржов А.В. (председатель), Шипулин Л.В. (зам. председателя),
Шабурова Н.А., Киянец А.В., Потороко И.Ю., Карпушкина А.В.,
Голлай А.В., Замышляева А.А., Гутенев М.Ю., Лободенко Л.К.,
Эрлих В.В., Иванов М.А., Титова Е.В., Юдочкина С.А., Овчарова А.А.

Ответственный за выпуск
Коржов А.В.

Н347 **Научный поиск**: материалы восемнадцатой научной конференции аспирантов и докторантов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2026. – 123 с.

ISBN 978-5-696-05752-1

Представлены материалы восемнадцатой научной конференции аспирантов и докторантов, которая состоялась в апреле 2026 года.

Отпечатано с авторских оригиналов.

ББК Ч481.46.я43 + Ч215.1.я43

ISBN 978-5-696-05752-1

© Издательский центр ЮУрГУ, 2026

СЕКЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫСШАЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УДК 665.117

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ЖМЫХОВ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

С.А. Грачев, И.В. Калинина, А.А. Демидкин

Статья посвящена исследованию функционально-технологических свойств белковых концентратов, полученных из жмыхов масличных культур после ферментативной обработки. В качестве объектов исследования использовали льняной, подсолнечный и конопляный жмыхи, а также белковые концентраты, выделенные из исходного и ферментированного сырья. Ферментацию проводили с использованием комплекса ферментов карбогидразного действия, обеспечивающего частичную деструкцию полисахаридного каркаса клеточной стенки и повышение доступности белковой фракции. Оценивали гидратационные, и липидсвязывающие свойства белковых концентратов. Установлено, что ферментация способствует повышению водосвязывающей способности белков на 62–79 %, водоудерживающей способности – на 19,9–26,0 %, жиросвязывающей способности – на 27,5–39,5 %, а также улучшению эмульгирующих свойств. Наиболее выраженные изменения отмечены для белковых концентратов из конопляного и подсолнечного жмыхов. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности биотехнологической модификации вторичных продуктов масложировой промышленности для создания функциональных белковых ингредиентов.

Ключевые слова: белковые концентраты, жмых масличных культур, ферментация, функционально-технологические свойства.

Актуальность

В условиях роста мирового спроса на белковые ингредиенты растительного происхождения особую актуальность приобретает поиск доступных и технологически перспективных источников белка. Одним из наиболее перспективных направлений является использование вторичных продуктов переработки масличных культур, в частности жмыхов, формирующихся после извлечения растительного масла. Несмотря на высокое остаточное содержание белка, данные продукты используются преимущественно в кормовых целях, что связано с ограниченной доступностью белковой фракции и недостаточно выраженными функционально-технологическими свойствами [1–3].

Жмыхи масличных культур представляют собой сложные многокомпонентные системы, содержащие белки, остаточные липиды, клетчатку и структурные полисахариды клеточной стенки. Белковые компоненты находятся в связанном состоянии в составе белково-полисахаридной матрицы, что ограничивает их растворимость, извлекаемость и способность участвовать в формировании пищевых систем. В связи с этим значительный интерес представляют методы биотехнологической модификации сырья, направленные на разрушение структурного каркаса и повышение доступности белка [4–7, 9].

Ферментативная обработка растительного сырья рассматривается как один из наиболее перспективных подходов к модификации жмыхов масличных культур. Использование карбогидразных ферментных комплексов позволяет частично гидролизовать компоненты клеточной стенки, включая целлюлозу и гемицеллюлозы, снижая прочность межмолекулярных взаимодействий и повышая функциональную активность белков. При этом изменения структуры сырья сопровождаются улучшением гидратационных, эмульгирующих и пенообразующих свойств белковых систем, что имеет важное значение при разработке пищевых продуктов [8, 10–12].

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых растительным белкам, влияние ферментативной обработки на функционально-технологические свойства белковых концентратов из различных видов жмыхов изучено недостаточно полно. Особенно ограничены данные сравнительного характера, позволяющие оценить влияние структуры сырья на эффективность ферментации и свойства получаемых белковых ингредиентов.

Целью настоящего исследования являлась сравнительная оценка функционально-технологических свойств белковых концентратов, полученных из исходных и ферментированных жмыхов льна, подсолнечника и конопли.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали жмыхи масличных культур: льняной, подсолнечный и конопляный. Содержание белка в исходных образцах составляло соответственно 30,2 ± 1,2 %, 32,1 ± 1,0 % и 28,4 ± 1,3 %. Содержание жира находилось в диапазоне 8,1–10,7 %, а клетчатки – 16,5–23,1 %.

Для получения ферментированных образцов использовали комплекс ферментов карбогидразного действия. Ферментативная обработка была направлена на частичную деструкцию полисахаридных компонентов клеточной стенки и повышение доступности белковой фракции. После ферментации из образцов выделяли белковые концентраты.

В ходе исследования анализировали следующие функционально-технологические показатели:

- водосвязывающую способность (ВСС);
- водоудерживающую способность (ВУС);

• жиросвязывающую способность (ЖСС);
• жироэмульгирующую способность (ЖЭС).

Водосвязывающую способность определяли как количество воды, связываемое 1 г белка. Водоудерживающую способность оценивали по способности белка удерживать влагу после внешнего воздействия. Жиросвязывающую способность характеризовали по количеству удерживаемого жира, а жироэмульгирующую способность – по способности белка образовывать и стабилизировать эмульсии типа «масло в воде». Все эксперименты проводили в трёхкратной повторности. Полученные данные обрабатывали статистически и выражали в виде среднего значения и стандартного отклонения.

Результаты и обсуждение

Гидратационные свойства белковых концентратов

Одними из наиболее важных функционально-технологических характеристик белковых ингредиентов являются гидратационные свойства, определяющие способность белка взаимодействовать с водой и удерживать её в структуре пищевой системы. Данные показатели во многом определяют текстуру, сочность и стабильность готовых продуктов.

После ферментации у всех исследуемых образцов отмечалось увеличение водосвязывающей способности белковых концентратов, однако степень изменений зависела от вида исходного сырья. Наименее выраженный эффект наблюдался для льняного жмыха: показатель ВСС увеличился с 2,13 до 3,45 г воды/г белка, что соответствует приросту около 62 %. Для подсолнечного и конопляного жмыхов изменения оказались более существенными – с 2,27 до 4,05 г/г и с 1,78 до 3,18 г/г соответственно. В обоих случаях увеличение составило почти 80 %.

Вероятно, такие изменения связаны с тем, что в процессе ферментации происходит частичное разрушение структуры клеточной стенки и ослабление белково-углеводных взаимодействий. В результате белковая фракция становится более доступной для взаимодействия с водой. Кроме того, ферментативная обработка, по-видимому, приводит к раскрытию части полярных групп белковых молекул, что дополнительно усиливает их гидратационную способность. Подобные изменения ранее отмечались и другими авторами при биотехнологической модификации растительного сырья [7, 10, 11].

Схожая картина наблюдалась и при оценке водоудерживающей способности. После ферментации показатель ВУС увеличился до 73,4 % для льняного жмыха, до 79,8 % для подсолнечного и до 76,2 % для конопляного. В сравнении с исходными образцами прирост составил от 19,9 до 26,0 %.

Следует отметить, что увеличение ВУС имеет не только аналитическое, но и практическое значение. Белковые ингредиенты с высокой способностью удерживать связанную влагу представляют интерес для технологий

мясных, молочных и эмульсионных продуктов, поскольку позволяют улучшать консистенцию и снижать потери влаги при хранении и термической обработке.

Липидсвязывающие и эмульгирующие свойства

Способность белков взаимодействовать с липидной фазой является одним из ключевых факторов, определяющих возможность их использования в многокомпонентных пищевых системах. Полученные результаты показали, что ферментативная обработка положительно влияет как на жиросвязывающую, так и на эмульгирующую способность исследуемых концентратов.

Для льняного жмыха жиросвязывающая способность увеличилась с 1,53 до 1,98 г жира/г белка, для подсолнечного – с 1,67 до 2,13 г/г, а для конопляного – с 1,24 до 1,73 г/г. Наиболее заметные изменения были характерны именно для конопляного жмыха. Вероятно, это связано с особенностями организации его белковой матрицы и более выраженным эффектом ферментативной деструкции клеточной стенки.

Можно предположить, что в ходе ферментации происходило частичное изменение конформации белков, сопровождающееся повышением доступности гидрофобных участков молекул. Это создавало более благоприятные условия для взаимодействия белков с липидной фазой. Дополнительную роль могло играть и изменение структуры белково-полисахаридных комплексов, влияющее на распределение функциональных групп в системе [5–8, 12].

Аналогичная тенденция отмечалась и при исследовании эмульгирующих свойств. После ферментации жироэмульгирующая способность возрастала у всех образцов независимо от типа сырья. Для льняного жмыха показатель увеличился с 25,6 до 34,8 м²/г белка, для подсолнечного – с 27,1 до 36,2 м²/г, для конопляного – с 23,4 до 31,4 м²/г.

Повышение эмульгирующей способности, вероятно, связано с увеличением поверхностной активности белков после ферментативной обработки. Более гибкие белковые структуры легче адсорбируются на границе раздела фаз «масло–вода» и способны формировать устойчивые межфазные слои, препятствующие коалесценции жировых капель.

Сравнительная характеристика различных видов сырья

Сравнение исследуемых жмыхов показало, что эффективность ферментативной обработки во многом определяется особенностями структуры исходного сырья. Для подсолнечного и особенно конопляного жмыхов изменения функционально-технологических свойств были более выраженными, чем для льняного.

Одной из возможных причин может быть различие в организации клеточной стенки и характере взаимодействий между белковой и углеводной фракциями. Конопляный жмых отличается более высоким содержанием клетчатки и плотной структурой, поэтому разрушение полисахаридного

каркаса приводит к более заметному высвобождению белковых компонентов. В случае льняного жмыха существенное влияние, вероятно, оказывают слизистые полисахариды, способные изменять вязкость среды и ограничивать диффузионные процессы [3–5, 8, 11].

В целом полученные результаты показывают, что ферментативная модификация может рассматриваться как эффективный способ повышения функциональной ценности белковых ингредиентов, получаемых из вторичных продуктов переработки масличных культур.

Заключение

Ферментативная обработка жмыхов масличных культур оказывает выраженное влияние на функционально-технологические свойства белковых концентратов. Установлено, что ферментация способствует повышению гидратационных, липидсвязывающих и эмульгирующих свойств белковых систем.

Наиболее значительное повышение показателей отмечено для белковых концентратов, полученных из подсолнечного и конопляного жмыхов. Это свидетельствует о высокой эффективности ферментативной деструкции белково-полисахаридной матрицы и повышении доступности функциональных групп белков.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования вторичных продуктов переработки масличных культур в качестве сырья для получения функциональных белковых ингредиентов и демонстрируют потенциал биотехнологической модификации растительного сырья для пищевой промышленности.

Библиографический список

1. Компанцев, Д.В. Белковые изоляты из растительного сырья: Обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья / Д.В. Компанцев, А.В. Попов, И.М. Привалов, Э.Ф. Степанова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 1. – URL: https://science-education.ru/article/view?id=24132. EDN: TIKIZB

2. Воронова, Н.С. Исследование белков семян льна как полноценных и необходимых для здоровья человека / Н.С. Воронова, Л.С. Бередина // Молодой ученый. – 2015. – № 14. – С. 144–147.

3. Щербакова, Е. В. Теоретическое и экспериментальное обоснование и разработка ресурсосберегающей технологии переработки масличных семян с использованием биотехнологических методов: дис. … д-ра техн. наук. – Краснодар, 2006. – 409 с.

4. Антипова, Л.В. Исследование фракционного состава белков нута в аспекте получения белкового изолята / Л.В. Антипова, Н.В. Аникева. // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 5. – С. 13–14.

5. Щеколдина, Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 109. – С. 12–13.

6. Компанцев, Д.В. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья / Д.В. Компанцев, А.В. Попов, И.М. Привалов, Э.Ф. Степанова // Сетевое издание. Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 1. – С. 34–36.

7. Meda R.N., Kshirsagar R.B., Sawate A.R., Patil B.M. Studies on amino acid and functional properties of leaf protein concentrate based weaning food // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2017. – V. 6. – № 5. – P. 292−295.

8. Лазебных, Д.В. Совершенствование процесса выделения белковых фракций из семян масличных / Д.В. Лазебных, О.В. Овсянникова, В.Н. Ефремова // Материалы X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – 2017. – С. 562–563.

9. Slabi S.A., Mathé C., Basselin M., Framboisier X. et al. Multi-objective optimization of solid/liquid extraction of total sunflower proteins from cold press meal // Food chemistry. – 2020. – V. 317. – Art. 126423.

10. Engberg R.M., Jakobsen K., Hartfiel W. The biological activity of natural source tocopherols in pigs fed on a linoleic acid rich diet // Fat Science Technology. – 1993. – V. 95. – P. 537–542.

11. Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed-a potential functional food source // J Food Sci Technol. – 2015. – 52 (4). – P. 1857–1871.

12. Xu Y., Hall, C., Wolf-Hall C. Antifungal activity stability of flaxseed protein extract using response surface methodology// J. Food Sci. – 2008. – V. 73 (1). – P. M9–M14.

УДК 606:633.1

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ТОКСИГЕННЫХ РИСКОВ ЗЕРНОВЫХ

Далаф Абдуллах Ал-Джумайли

Зерновые культуры являются основой продовольственной безопасности, однако они часто подвергаются заражению токсигенными грибами рода *Aspergillus, Fusarium* и *Penicillium*. Продуцируемые ими микотоксины представляют серьезную угрозу для здоровья человека и животных. Традиционные методы борьбы (термическая обработка, химические фунгициды) имеют недостатки: ухудшение пищевой ценности, накопление остаточных веществ и устойчивость патогенов. В данном обзоре рассматриваются современные биотехнологические подходы с акцентом на технологию холодной атмосферной плазмы как эффективный, экологичный метод инактивации микроскопических грибов и снижения токсигенных рисков при обработке зерна.

Ключевые слова: зерновые, холодная плазма, токсигенные риски, биотехнология, качество семян.

Актуальность

Одной из ключевых задач современной биотехнологии пищевых продуктов является разработка методов, позволяющих минимизировать микробиологическую контаминацию зерна без ухудшения его технологических свойств. Традиционная дезинфекция паром или химическими реагентами часто приводит к денатурации белка, изменению органолептических показателей и появлению токсичных остатков. В этом контексте особый интерес представляют необработанные (холодные) плазменные технологии, которые активно исследуются последние 15 лет.

Физико-химические основы действия холодной плазмы

Холодная плазма – это частично ионизированный газ, в котором температура электронов значительно превышает температуру тяжелых частиц, что позволяет обрабатывать термолабильные объекты, такие как зерно. Основными антимикробными агентами являются активные формы кислорода (ROS, например, O, OH, O_2) и активные формы азота (RNS), а также ультрафиолетовое излучение и заряженные частицы. Как показано в работах *Lu X и соавт.* (2008), синергизм этих факторов обеспечивает многоуровневое повреждение клеточных стенок грибов, липидов мембран и ДНК, что приводит к необратимой гибели спор.

Особого внимания заслуживает использование плазмы в аппаратах с псевдоожиженным слоем. В исследовании *Dasan B.G и соавт.* (2017) обработка спор *Aspergillus spp.* на поверхности фундука (модельная система для зерновых) показала, что параметры процесса (мощность разряда, время экспозиции и расход газа) критически влияют на летальность. Авторы продемонстрировали, что плазма в атмосферном давлении позволяет достичь снижения жизнеспособности спор на 4–5 логарифмических порядков без видимого повреждения семенной оболочки [1, 2].

Инактивация фитопатогенов на поверхности зерна

Наиболее изученным эффектом является подавление бактериальной и грибной колонизации. Команда *Zahoranová и соавт.* (2016) провела детальный анализ влияния холодной плазмы атмосферного давления на семена озимой пшеницы. Было установлено, что даже кратковременная экспозиция (60–120 секунд) снижает численность микроорганизмов на поверхности семян на 99,9 %, при этом наиболее чувствительными оказались споры грибов, тогда как бактериальная флора демонстрировала несколько большую устойчивость [3].

Kordas L. и соавт. (2015) исследовали влияние низкотемпературной плазмы на колонизацию зерна пшеницы грибами в полевых условиях. Результаты показали, что плазменная обработка не только снижает исходную обсемененность, но и обеспечивает защитный эффект в течение первых недель хранения, уменьшая скорость развития токсигенных микромицетов на 30-40 % по сравнению с контролем. Важно отметить, что обработка не

приводила к снижению всхожести, а в некоторых вариантах даже стимулировала энергию прорастания [4].

Для инактивации устойчивых форм, например аскоспор, требуются более интенсивные режимы. *Shimizu T и соавт.* (2008) разработали микроволновый плазменный факел, который генерирует высокую концентрацию радикалов при низкой газовой температуре. Применение этого устройства позволило достичь полной дезинфекции поверхности семян за 5-10 секунд, что делает технологию пригодной для потоковой обработки зерна на элеваторах [5].

Влияние плазмы на качество посевного материала и фитосанитарный статус

Несмотря на летальное действие в отношении патогенов, холодная плазма в определенных дозах оказывает стимулирующее влияние на растительные клетки. Этот феномен, известный как «плазменная прайминг» (plasma priming), связан с активацией антиоксидантных систем и гормональных путей. *Kitazaki S. и др.* (2012) показали, что обработка семян редиса низкочастотной плазмой в атмосфере O_2 ускоряет появление всходов на 20-25 % и увеличивает биомассу проростков [6].

В контексте зерновых культур, *Park Y. и соавт.* (2018) провели исследование на ячмене с использованием поверхностного диэлектрического барьерного разряда. Обработанные семена демонстрировали не только снижение микотоксиногенной нагрузки, но и улучшенную устойчивость к засолению и засухе. Авторы связывают это с модификацией проницаемости семенных оболочек и активацией стресс-белков. Особенно значимы данные *Ling L. и соавт.* (2015) по рапсу (крестоцветная культура, близкая к зерновым по условиям хранения): холодная плазма повышала устойчивость проростков к осмотическому стрессу, имитирующему засуху, что косвенно снижает риск накопления микотоксинов [7].

Оценка остаточной жизнеспособности и технологические аспекты. Ключевым вопросом для внедрения является контроль остаточной жизнеспособности спор после обработки. *Dasan B.G. и соавт.* (2017) использовали метод проточной цитометрии в сочетании с окрашиванием флуоресцентными красителями, что позволило различать живые, мертвые и поврежденные («коматозные») клетки *Aspergillus*. Было показано, что при сублетальных режимах плазмы часть спор переходит в метаболически неактивное состояние, теряя способность к прорастанию и токсинообразованию, даже сохраняя целостность мембран.

Misra N.N. и соавт. (2011) в своем обзоре подчеркивают, что холодная плазма имеет ряд преимуществ перед традиционными методами: отсутствие химических реагентов, быстрый старт и остановка процесса, минимальное нагревание продукта (перепад температур менее 10 °C). Однако авторы указывают и на ограничения: необходимость тщательного контро-

ля режимов для разных партий зерна и потенциальный риск окисления липидов при длительной экспозиции [8].

Заключение

Проведённый анализ научной литературы свидетельствует о том, что технология холодной атмосферной плазмы занимает перспективное место среди биотехнологических инструментов управления токсигенными рисками в зерновом хозяйстве. Совокупность рассмотренных экспериментальных данных убедительно подтверждает: плазменная обработка способна надёжно инактивировать споры *Aspergillus* и прочих микромицетов на поверхности зерна, одновременно стимулируя ростовые процессы и повышая толерантность к абиотическим стрессам [9, 10].

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 24-16-20028 при научном консультировании д.т.н., проф. Потороко И.Ю.

Библиографический список

1. Lu X., Ye T., Cao Y. et al. The roles of the various plasma agents in the inactivation of bacteria // J. Appl. Phys. – 2008. – V. 104. – Art. no. 053309. DOI: 10.1063/1.2977674.

2. Dasan B.G., Boyaci I.H., Mutlu M. Nonthermal plasma treatment of Aspergillus spp. spores on hazelnuts in an atmospheric pressure fluidized bed plasma system: Impact of process parameters and surveillance of the residual viability of spores // J. Food Eng. – 2017. – V. 196. – P. 139-149. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.09.028.

3. Zahoranová A., Henselová M., Hudecová D. et al. Effect of Cold Atmospheric Pressure Plasma on the Wheat Seedlings Vigor and on the Inactivation of Microorganisms on the Seeds Surface // Plasma Chem. Plasma Process. – 2016. – V. 36. – P. 397–414. DOI: 10.1007/s11090-015-9684-z.

4. Kordas L., Pusz W., Czapka T., Kacprzyk R. The effect of low-temperature plasma on fungus colonization of winter wheat grain and seed quality // Pol. J. Environ. Stud. – 2015. – V. 24. P. 433–438.

5. Shimizu T., Steffes B., Pompl R. et al. Characterization of microwave plasma torch for decontamination // Plasma Process. Polym. – 2008. V. 5. – P. 577–582. DOI: 10.1002/ppap.200800021.

6. Kitazaki S., Koga K., Shiratani M., Hayashi N. Growth enhancement of radish sprouts induced by low pressure o 2 radio frequency discharge plasma irradiation // Jpn. J. Appl. Phys. – 2012. – V. 51. – Art. no. 01AE01. DOI: 10.1143/JJAP.51.01AE01.

7. Park Y., Oh K.S., Oh J. et al. The biological effects of surface dielectric barrier discharge on seed germination and plant growth with barley // Plasma Process. Polym. – 2018. – V. 15. – P. 1–8. DOI: 10.1002/ppap.201600056.

8. Misra N.N., Tiwari B.K., Raghavarao K.S.M.S., Cullen P.J. Nonthermal Plasma Inactivation of Food-Borne Pathogens // Food Eng. Rev. – 2011. – V. 3. – P. 159–170. DOI: 10.1007/s12393-011-9041-9.

9. Gaunt L.F., Beggs C.B., Georghiou G.E. Bactericidal action of the reactive species produced by gas-discharge nonthermal plasma at atmospheric pressure: A review

// IEEE Trans. Plasma Sci. – 2006. – V. 34. – P. 1257–1269. DOI: 10.1109/TPS.2006.878381.

10. Ling L., Jiangang L., Minchong S. et al. Cold plasma treatment enhances oilseed rape seed germination under drought stress // Sci. Rep. – 2015. – V. 5. – P. 1–10. DOI: 10.1038/srep13033.

УДК 613.2:616-006.6

ПИЩЕВЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА И КОЛОРЕКТАЛЬНЫЙ РАК: ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР ФАКТОРОВ ПИТАНИЯ, СВЯЗАННЫХ С КАНЦЕРОГЕНЕЗОМ

Новиньон Дандонугбо

Колоректальный рак (КРР) входит в число наиболее распространенных онкологических заболеваний в мире. Данный систематический обзор направлен на обобщение современных эпидемиологических данных о связи между пищевыми факторами и риском КРР. Систематический поиск литературы проведен в PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science за 2000–2025 гг. Включались обсервационные исследования, РКИ, систематические обзоры и мета-анализы на английском языке. Два рецензента независимо провели скрининг, извлечение данных и оценку качества (Newcastle-Ottawa Scale, RoB 2.0, AMSTAR-2). Из 3 150 записей 90 исследований включены в синтез. Высокое потребление красного и переработанного мяса (повышение риска на 12–18 % на 100 г/день), ультраобработанных продуктов, алкоголя и табак связаны с повышенным риском КРР. Диеты, богатые клетчаткой, фруктами, овощами, цельными злаками, рыбой, молочными продуктами и микронутриентами, демонстрируют обратную связь (снижение риска на 20–50 %). Обзор подчеркивает потенциал профилактики КРР через модификацию диеты. Однако, в связи с наблюдательным характером большинства данных, необходимы дальнейшие проспективные исследования и РКИ для установления причинно-следственных связей.

Ключевые слова: колоректальный рак, факторы риска, диета, систематический обзор.

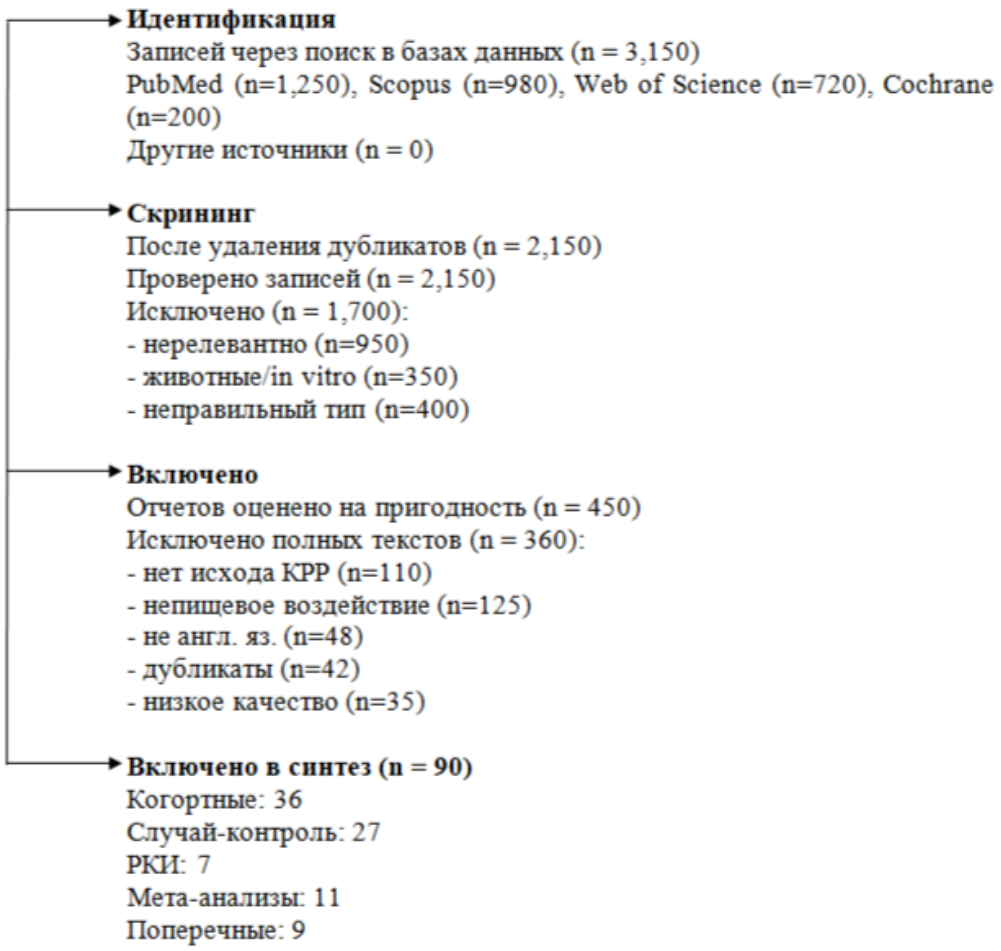
Введение

Неинфекционные заболевания (НИЗ) являются ведущей причиной смерти в мире (74 %), при этом рак занимает второе место. Колоректальный рак (КРР) – одна из самых частых локализаций, занимая второе место по смертности (9,3 %) с более чем 900 000 смертей в 2022 году. На долю факторов окружающей среды и образа жизни, включая диету, приходится,

по оценкам, 60–70 % риска. Вестернизация пищевых привычек в глобальном масштабе делает актуальным анализ современных данных о связи питания и КРР. Цель данной работы – синтез эпидемиологических данных о факторах диеты, ассоциированных с риском КРР [1–4].

Методология

Поиск литературы проведен в PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science за период январь 2000 – декабрь 2025. Критерии включения: исследования на человеке, оценка пищевых факторов, исходы КРР (заболеваемость/смертность), обсервационные исследования, РКИ, систематические обзоры, мета-анализы, английский язык. Два автора независимо проводили скрининг, извлечение данных и оценку качества (NOS для когортных и случай-контроль, RoB 2.0 для РКИ, AMSTAR-2 для обзоров). Из-за гетерогенности данных проведен нарративный синтез. Процесс отбора представлен на рисунке.



Блок-схема отбора исследований PRISMA

Результаты

Результаты. В итоговый синтез включено 90 исследований (36 проспективных когорт, 27 случай-контроль, 7 РКИ, 9 поперечное исследова-

ние, 11 мета-анализов). Характеристики исследований обобщены в таблице. Основные результаты по факторам риска и защиты представлены ниже.

Характеристики включенных исследований (n = 90)

Дизайн исследования	**n**	Географическое распространение	Размер выборки	Ключевые факторы питания	Качество
Перспективная когорта	36	Северная Америка (16), Европа (13), Азия (5), Австралия (2)	1200–520000	Красное/переработанное мясо, клетчатка, алкоголь, фрукты/овощи	NOS: 28 высокий, 8 средний
Случай-контроль	27	Европа (11), Азия (9), Северная Америка (5), Африка (2)	120–5400	Микронутриенты, пищевые привычки, мясо	NOS: 18 высоких, 7 средних, 2 низких
Поперечное исследование	9	Европа (3), Азия (4), Африка (2)	250–3800	Состояние питания, пищевые привычки	JBI: 6 высокий, 3 средний
РКИ	7	Северная Америка (3), Европа (2), Азия (2)	80–2200	Добавки, диетические вмешательства	RoB 2.0: 3 низких показателя, 3 опасения, 1 высокий показатель
Мета-анализы	11	Глобальный	5–48 исследований	Красное мясо, клетчатка, алкоголь, молочные продукты	AMSTAR-2: 7 высоких, 3 средних, 1 низкий
ОБЩИЙ	90	–	–	–	–

* Сокращения: NOS – шкала Ньюкасл-Оттава; JBI – Институт Джоанны Бриггс; RoB 2.0 – шкала оценки риска систематических обзоров 2.0; AMSTAR-2 – инструмент измерения для оценки систематических обзоров 2*.

Факторы, повышающие риск КРР

Многочисленные мета-анализы подтверждают связь между потреблением красного и переработанного мяса и повышением риска КРР. Каждые дополнительные 100 г/день ассоциированы с увеличением риска на 12–18 %. Ключевые механизмы включают образование N-нитрозосоединений, гетероциклических аминов и проканцерогенное действие гемового железа. Потребление алкоголя также признано независимым фактором риска с дозозависимым эффектом, опосредованным через ацетальдегид и антагонизм фолата. Курение повышает риск КРР в 2–3 раза. Ожирение (повышение ИМТ) ассоциировано с повышением риска на 20–50 %, что связано с гиперинсулинемией, провоспалительными цитокинами и изменением уровней адипокинов. Потребление ультра-обработанных продуктов (УОП) в последних мета-анализах связано с повышением риска общей онкозаболе-

ваемости и КРР, вероятно, из-за провоспалительного действия добавок, нарушения микробиоты и высокого гликемического индекса.

Факторы, снижающие риск КРР

Высокое потребление пищевых волокон (клетчатки) ассоциировано со снижением риска КРР. Механизмы включают разбавление канцерогенов, связывание желчных кислот и продукцию короткоцепочечных жирных кислот (бутирата) микробиотой, обладающих противоопухолевым действием. Потребление фруктов, овощей и цельных злаков, богатых клетчаткой, витаминами, минералами и антиоксидантами, также демонстрирует обратную связь с риском. Рыба, особенно жирная (источник омега-3), и оливковое масло, благодаря противовоспалительным полифенолам, оказывают протективный эффект. Потребление молочных продуктов и кальция связывают со снижением риска, что может быть обусловлено осаждением вторичных желчных кислот и ингибированием пролиферации. Микронутриенты (витамины С, Е, гр. В, селен, цинк) играют роль в антиоксидантной защите, репарации ДНК и иммунном надзоре [5–7].

Пищевой переход

Урбанизация и глобализация ведут к вестернизации диет в странах Глобального Юга: снижению потребления традиционной пищи, богатой клетчаткой, и росту потребления жиров, сахара и УОП. Это сопровождается ростом заболеваемости КРР в регионах с ранее низкими показателями (Африка, Азия), создавая двойное бремя болезней.

Заключение

Данный систематический обзор подтверждает наличие устойчивых ассоциаций между пищевыми факторами и риском КРР. Протективными факторами выступают диеты, богатые клетчаткой, растительной пищей, рыбой и молочными продуктами. Факторами риска – красное и переработанное мясо, алкоголь, УОП, ожирение. Однако данные основаны преимущественно на наблюдательных исследованиях, что не позволяет делать однозначные причинно-следственные выводы. Необходимы дальнейшие проспективные когортные исследования с биомаркерами, РКИ по диетическим паттернам и изучение взаимодействий «диета-микробиота». Стратегии общественного здравоохранения, направленные на ограничение потребления продуктов риска и повышение доступности здоровой пищи, являются обоснованными и необходимыми для снижения глобального бремени КРР [8–11].

Библиографический список

1. Aglago, E.K. Temporal trends in food group availability and cancer incidence in Africa: An ecological analysis / E.K. Aglago, F. Bray, F. Zotor et al. // Public Health Nutrition. – 2019. – Vol. 22, no. 14. – P. 2569–2580.

2. Aune, D. Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: Systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies / D. Aune, D.S. Chan, R. Lau et al. // BMJ. – 2011. – Vol. 343. – d6617.

3. Botteri, E. Smoking and colorectal cancer: a meta-analysis / E. Botteri, S. Iodice, V. Bagnardi et al. // JAMA. – 2008. – Vol. 300, No. 23. – P. 2765–2778.

4. Chan, D.S. Red and processed meat and colorectal cancer incidence: Meta-analysis of prospective studies / D.S. Chan, R. Lau, D. Aune et al. // PLoS One. – 2011. – Vol. 6, No. 6.

5. Ferlay, J. Global Cancer Observatory: Cancer Today (version 1.1) / J. Ferlay, M. Ervik, F. Lam et al. – Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2024.

6. Friedenreich, C.M. Physical activity, obesity and sedentary behavior in cancer etiology: Epidemiologic evidence and biologic mechanisms / C.M. Friedenreich, C. Ryder-Burbidge, J. McNeil // Molecular Oncology. – 2021. – Vol. 15, no. 3. – P. 790–800.

7. Isaksen, I.M. Ultra-processed food consumption and cancer risk: A systematic review and meta-analysis / I.M. Isaksen, S.N. Dankel // Clinical Nutrition. – 2023. – Vol. 42, no. 6. – P. 919–928.

8. Key, T.J. The effect of diet on risk of cancer / T.J. Key, N.E. Allen, E.A. Spencer, R.C. Travis // The Lancet. – 2002. – Vol. 360, no. 9336. – P. 861–868.

9. McNabb, S. Meta-analysis of 16 studies of the association of alcohol with colorectal cancer / S. McNabb, T.A. Harrison, D. Albanes et al. // International Journal of Cancer. – 2020. – Vol. 146, no. 3. – P. 861–873.

10. Thorning, T.K. Milk and dairy products: good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence / T.K. Thorning, A. Raben, T. Tholstrup et al. // Food & Nutrition Research. – 2016. – Vol. 60, no. 1. – 32527.

11. Vieira, A.R. Foods and beverages and colorectal cancer risk: A systematic review and meta-analysis of cohort studies / A.R. Vieira, L. Abar, D.S.M. Chan et al. // Annals of Oncology. – 2017. – Vol. 28, no. 8. – P. 1788–1802.

УДК 606:633.1

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ГУМАТА КАЛИЯ И АЗОТА В ФОРМИРОВАНИИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Фань Ян

В статье представлен обзор результатов исследований, посвящённых влиянию гумата калия и азотных удобрений на формирование корневой системы зерна пшеницы (*Triticum aestivum L.*). Рассмотрены механизмы синергетического взаимодействия гуминовых веществ и минерального азота, их воздействие на морфологические параметры корней, поглощение питательных элементов и продуктивность культуры. Показано, что совместное применение гумата калия и азотных удобрений обеспечивает прибавку урожайности зерна от 10 до 20 % по сравнению с контролем.

Ключевые слова: зерно пшеницы, гумат калия; азотные удобрения; корневая система; синергетический эффект.

Введение

Пшеница (*Triticum aestivum L.*) обеспечивает около 20 % мирового потребления белка и калорий, что делает её важнейшей продовольственной культурой. Рост численности населения и деградация почвенного покрова ставят перед агрономией задачу повышения эффективности использования удобрений при минимизации экологических рисков. Гуминовые препараты, и в первую очередь гумат калия, привлекают внимание исследователей как биостимуляторы, способные усилить действие минеральных удобрений и улучшить питание растений.

Азот остаётся наиболее лимитирующим макроэлементом для зерновых культур. Вместе с тем высокие нормы его внесения сопровождаются существенными потерями: вымыванием нитратов, денитрификацией и аммиачной волатилизацией. Гуминовые кислоты способны образовывать комплексы с ионами аммония и нитрата, замедляя их миграцию в почвенном профиле и повышая коэффициент использования азота. Синергетический характер взаимодействия гумата калия и минерального азота в системе почва – растение определяет актуальность настоящего обзора [1, 2].

Гуминовые вещества и их роль в питании растений

Гуминовые кислоты представляют собой высокомолекулярные органические соединения, образующиеся в ходе гумификации растительных и животных остатков. Коммерческие препараты гумата калия получают преимущественно из бурых углей леонардита и торфа; содержание гуминовых кислот в таких препаратах достигает 70–85 %.

Механизмы воздействия гуматов на агроэкосистему многоплановы. Прежде всего, они улучшают физическую структуру почвы: повышают водоудерживающую способность, пористость и катионообменную ёмкость, что особенно значимо для лёгких супесчаных и деградированных почв. Параллельно гуминовые кислоты активируют почвенный микробиом, стимулируя деятельность аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. В прикорневой зоне они проявляют ауксиноподобную активность, непосредственно стимулируя рост, ветвление и удлинение корней. Наконец, за счёт комплексообразования гуматы повышают подвижность микроэлементов – железа, марганца, цинка и снижают их фиксацию в нейтральных и щелочных почвах.

Влияние гумата калия и азота на корневую систему зерна пшеницы

Морфологические параметры корней. Команда ученных (Gomaa M.A. et al., 2015) в условиях вегетационного опыта установили, что внесение гуминовых веществ в дозе 15–20 кг/га увеличивало общую длину корней пшеницы на 22–34 % по сравнению с контрольным вариантом [3]. Авторы объясняют данный эффект снижением pH прикорневой зоны под

действием органических кислот, входящих в состав гуминовых препаратов, что улучшает растворимость фосфатов и создаёт более благоприятные условия для корневого роста.

Другой командой ученых (Khan R.U., et al., 2018) были проведены полевые опыты на двух контрастных типах почв, которые показали, что совместное применение гумата калия с азотными удобрениями увеличивало площадь поверхности корневой системы. Ученые связывают это с повышением пористости и аэрации почвы под действием гуминовых кислот, что облегчает механическое проникновение корней в нижние горизонты почвенного профиля [4]

Поглощение питательных элементов

Команда ученных (Ehsan S. et al., 2016) установили, что гумат калия достоверно повышал содержание железа, марганца и цинка в зерне пшеницы при возделывании на щелочных почвах: гуминовые кислоты снижали pH ризосферы и переводили микроэлементы в доступную для растений форму [5]. Аналогичная закономерность выявлена у команды ученых (Arjumend T et al., 2015) в условиях тепличного опыта: внесение препарата на основе леонардита увеличивало поглощение N, P и K на 18–31 % [6].

Влияние на урожайность зерна пшеницы

По обобщённым данным семи независимых исследований, прибавка урожайности зерна пшеницы при совместном применении гумата калия и минерального азота составила от 9,8 до 20,1 % в зависимости от дозы препарата, нормы азота, типа почвы и сорта культуры.

Команда исследователей (Awad A.A. et al., 2022) показали, что отклик сортов на гуминовые препараты носит дифференцированный характер: скороспелые сорта пшеницы в условиях тяжёлых глинистых почв обеспечивали дополнительную прибавку на 12–15 % [7]. Ученые (Dincoy M., Sonmez F., 2019) зафиксировали, что положительный эффект совместного применения сильнее проявляется на карбонатных почвах, где гуматы снижают pH и улучшают доступность фосфора: при внесении K + гуминовой кислоты урожайность пшеницы возрастала на 20,1 % [8].

В исследованиях (Gomaa M.A. et al., 2015) дополнительно отметили улучшение качества зерна: содержание белка в зерне возрастало на 1,2–1,8 абс.% при совместном применении гуминовых кислот и азотных удобрений. Popal N.A. в своём исследовании 2024 г. подчёркивает, что реализация потенциала урожайности современных сортов пшеницы требует комплексного подхода, включающего оптимизацию питания и биостимуляцию наряду с защитой посевного материала [9].

Заключение

Проведённый анализ научной литературы убедительно демонстрирует синергетический эффект совместного применения гумата калия и азотных удобрений на формирование корневой системы и продуктивность пшеницы. Гуминовые препараты стимулируют морфогенез корней, расширяют

зону поглощения питательных веществ, активируют почвенный микробиом и повышают коэффициент использования минерального азота. Итогом является устойчивое увеличение урожайности зерна на 10–20 % без повышения экологической нагрузки на агроэкосистему.

К перспективным направлениям дальнейших исследований относятся: разработка дифференцированных регламентов применения гуматов для различных почвенно-климатических зон с учётом сортовой специфики пшеницы; изучение молекулярных механизмов взаимодействия гуминовых кислот с рецепторами корневых клеток; оценка долгосрочного влияния систематического применения препаратов на гумусное состояние почвы и её биологическую активность.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 24-16-20028 при научном консультировании д.т.н., проф. Потороко И.Ю.

Библиографический список

1. Iqbal B., Anwar S., Iqbal F. et al. Response of wheat crop to humic acid and nitrogen levels // Ecronocon Agriculture. – 2016. – Vol. 3, no. 1. – P. 558–565.
2. Tahir M.M., Khurshid M., Khan M.Z. et al. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils // Pedosphere. – 2011. – Vol. 21, no. 1. – P. 124–131.
3. Gomaa M.A., Rehab I.F., Adam I.A. Impact of humic acid application, foliar micronutrients and biofertilization on growth, productivity and quality of wheat (Triticum aestivum L.) // Middle East Journal of Agriculture Research. – 2015. – Vol. 4, no. 2. – P. 130–140.
4. Khan R.U., Khan M. Z., Khan A. et al. Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils // Journal of Plant Nutrition. – 2018. – Vol. 41, no. 4. – P. 453–460.
5. Ehsan S., Javed S., Saleem I., Niaz A. Effect of humic acid on micronutrient availability and grain yield of wheat (Triticum aestivum L.) // Journal of Agriculture Research. – 2016. – Vol. 54, no. 2. – P. 173–184.
6. Arjumend T., Abbasi M. K., Rafique E. Effects of lignite-derived humic acid on some selected soil properties, growth, and nutrient uptake of wheat (Triticum aestivum L.) grown under greenhouse conditions // Pakistan Journal of Botany. – 2015. – Vol. 47, no. 6. – P. 2231–2238.
7. Awad A.A., El-Taib A. B., Sweed A.A., Omran A.A. Nutrient contents and productivity of Triticum aestivum plants grown in clay loam soil depending on humic substances and varieties and their interactions // Agronomy. – 2022. – Vol. 12, no. 705.
8. Dincoy M., Sonmez F. The effect of potassium and humic acid applications on yield and nutrient contents of wheat (Triticum aestivum L. var. Delfii) with same soil properties// Journal of Plant Nutrition. – 2019. – Vol. 42, no. 20. – P. 2757–2772.
9. Popal N.A. Comparative efficacy of the weed management practices on grain and straw yields of wheat// Journal of Natural Science Review. – 2024. – Vol. 2, no. 1. – P. 46–56.

УДК 579.64

КОЛЛАГЕН КАК БИОПОЛИМЕР ДЛЯ ИНКАПСУЛЯЦИИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Т.С. Шафикова, И.В. Калинина, Е.Н. Скачкова, А.А. Демидкин, Г.К. Одинцов

В работе рассмотрены современные биополимеры, применяемые для инкапсуляции пробиотических микроорганизмов, а также проанализированы возможности использования коллагена в составе защитных матриц. Проведено сравнение наиболее распространённых систем на основе альгината, хитозана, пектина, желатина и модифицированного крахмала с точки зрения их структурных особенностей, устойчивости и способности сохранять жизнеспособность клеток при технологических воздействиях. Отдельное внимание уделено коллагену как белковому биополимеру, способному участвовать в формировании стабильных композитных структур. Показано, что включение коллагена в многокомпонентные системы может способствовать повышению механической прочности капсул, снижению проницаемости матрицы и дополнительной защите клеток при замораживании и сушке. Рассмотрены механизмы антиоксидантного и мембраностабилизирующего действия коллагеновых пептидов. Сделан вывод о перспективности композитных систем на основе коллагена и полисахаридных матриц для пищевых и биотехнологических применений.

Ключевые слова: биополимеры, инкапсуляция, пробиотики, коллаген, альгинат, хитозан, модифицированный крахмал.

Актуальность

Сохранение жизнеспособности пробиотических микроорганизмов остаётся одной из наиболее сложных задач при производстве функциональных пищевых продуктов. На протяжении всего технологического цикла клетки подвергаются воздействию факторов, способных снижать их устойчивость: колебаниям температуры, дегидратации, кислородному стрессу и изменению кислотности среды. Особенно чувствительными пробиотические культуры оказываются на стадиях сушки и хранения, где даже незначительные изменения условий могут приводить к существенным потерям жизнеспособности.

Для повышения устойчивости микроорганизмов применяют различные методы инкапсуляции, включая гелеобразование, распылительную и сублимационную сушку, коацервацию и электрораспыление. Несмотря на эффективность подобных подходов, используемые полимерные матрицы не всегда обеспечивают необходимое сочетание механической прочности, барьерных свойств и стабильности при хранении. В связи с этим всё боль-

шее внимание уделяется комбинированным биополимерным системам, в которых свойства одного компонента компенсируют ограничения другого.

Одним из перспективных направлений является использование коллагена в составе композитных матриц для инкапсуляции пробиотиков. Благодаря особенностям структуры и высокой способности к межмолекулярным взаимодействиям коллаген может не только участвовать в формировании устойчивых гелей, но и оказывать дополнительное защитное действие на клетки.

Целью работы являлся анализ современных биополимеров, применяемых для инкапсуляции пробиотических микроорганизмов, а также оценка потенциала коллагена как компонента защитных капсул.

Основная часть

Альгинат (рис. 1) относится к числу наиболее распространённых материалов для инкапсуляции пробиотиков. Этот природный анионный полисахарид получают преимущественно из бурых водорослей. Его способность образовывать гели в присутствии кальция обеспечивает простоту получения капсул и достаточно мягкие условия инкапсуляции. Вместе с тем альгинатные системы имеют ряд ограничений. Гели отличаются сравнительно высокой пористостью, а их стабильность существенно зависит от ионного состава среды. В условиях низкого pH или при наличии хелатирующих соединений структура может частично разрушаться, что снижает защитные свойства капсул [1].

Хитозан (рис. 2) рассматривается как ещё один перспективный биополимер благодаря способности образовывать плотные плёнки и взаимодействовать с анионными соединениями. Материал биодеградируем и технологически доступен, однако его использование в системах с живыми культурами имеет определённые ограничения. Положительно заряженные аминогруппы хитозана способны взаимодействовать с компонентами клеточной стенки бактерий, что в ряде случаев сопровождается угнетением роста микроорганизмов [2]. По этой причине хитозан чаще применяют не как основную матрицу, а в виде наружного покрытия, позволяющего улучшить барьерные свойства капсул без выраженного контакта с клетками.

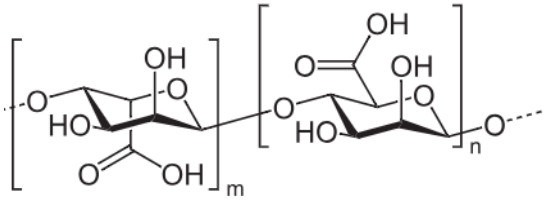


Рис. 1. Химическая структура альгиновой кислоты

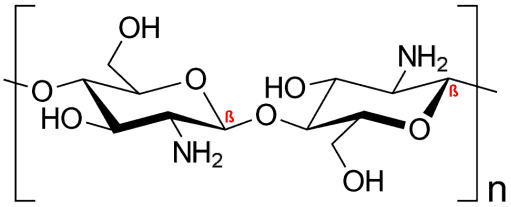


Рис. 2. Химическая структура хитозана

Желатин (рис. 3), являющийся продуктом частичного гидролиза коллагена, также широко используется при создании инкапсулирующих систем.

Белковая природа желатина обеспечивает хорошую совместимость с рядом полисахаридов и позволяет формировать достаточно прочные поликомплексы. Однако устойчивость желатиновых систем к кислой среде и действию протеолитических ферментов остаётся ограниченной, что снижает эффективность защиты пробиотиков в желудочно-кишечном тракте [3].

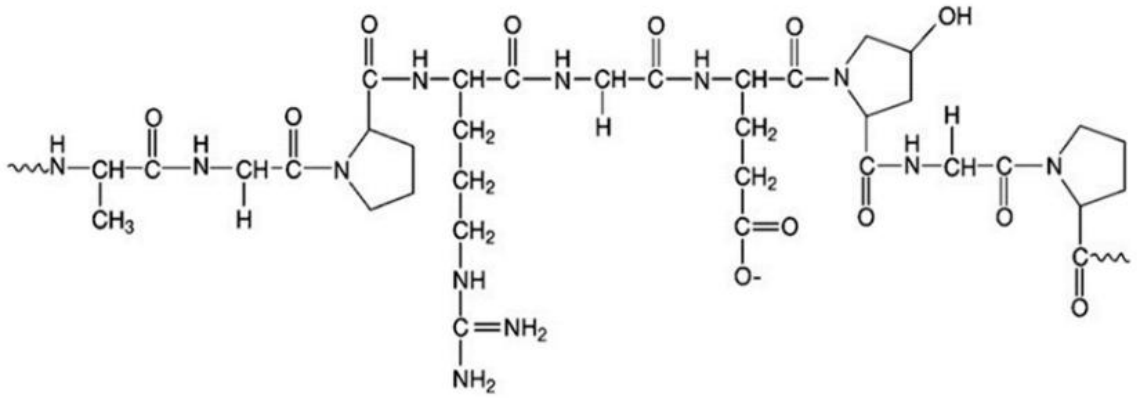


Рис. 3. Химическая структура желатина

Пектин (рис. 4) представляет собой растительный полисахарид с выраженными гелеобразующими свойствами. Благодаря устойчивости к кислой среде желудка и способности разрушаться под действием ферментов кишечной микробиоты он рассматривается как перспективный материал для адресной доставки пробиотиков. Кроме того, пектин хорошо комбинируется с другими гидроколлоидами, формируя смешанные матрицы с улучшенными барьерными характеристиками [2; 4]. Тем не менее эффективность пектиновых систем во многом определяется содержанием кальция и условиями формирования геля, что усложняет подбор технологических режимов.

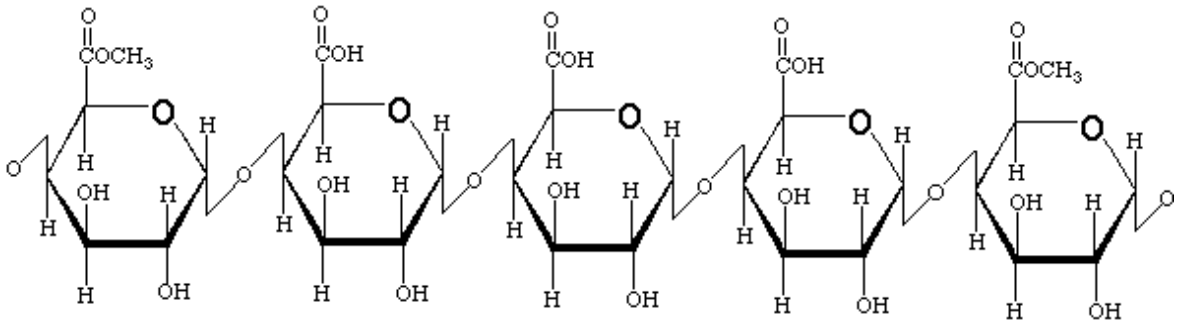


Рис. 4. Химическая структура пектина

Крахмальные полимеры и их модифицированные формы также находят применение в системах инкапсуляции. За счёт развитой сети водородных связей они способны образовывать прочные структуры с регулируемой пористостью. Различные варианты химической модификации позволяют изменять термостабильность, гидрофильность и устойчивость крахмаль-

ных матриц [5]. Однако свойства подобных систем существенно зависят от происхождения сырья и степени модификации, а отдельные формы крахмальных гелей обладают недостаточной механической прочностью [6].

На этом фоне всё больший интерес вызывает использование коллагена в составе инкапсулирующих систем (рис. 5). В отличие от большинства полисахаридных матриц коллаген формирует не просто механический каркас, а достаточно сложную белковую сеть, способную к множеству межмолекулярных взаимодействий. Особенности его структуры во многом определяются высоким содержанием глицина, пролина и гидроксипролина, обеспечивающих формирование характерной тройной спирали и развитой системы водородных связей [7]. Именно такая организация молекул придаёт коллагену способность образовывать устойчивые пространственные структуры даже при относительно высокой гидратации среды.

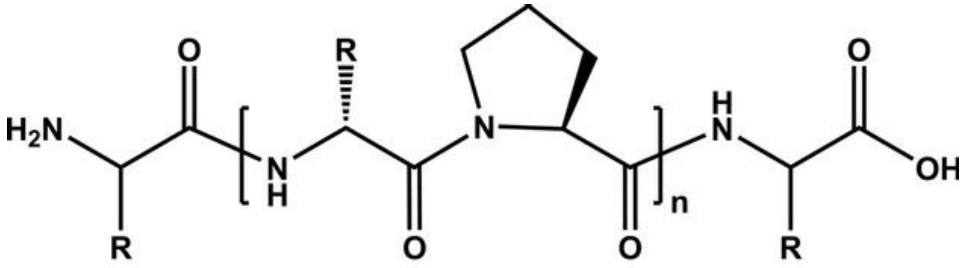


Рис. 5. Химическая структура коллагена

Дополнительное значение имеет выраженная гидрофильность коллагена. Белковые волокна способны удерживать значительное количество связанной воды, благодаря чему вокруг клеток формируется более стабильное микроокружение. Это особенно важно при воздействии стрессовых факторов, сопровождающихся дегидратацией клеток. Предполагается, что коллагеновая матрица частично снижает интенсивность повреждения мембран при замораживании и сушке за счёт уменьшения локальных изменений осмотического давления и стабилизации поверхностных структур клеток.

Кроме того, в последние годы всё чаще обсуждается возможная антиоксидантная роль коллагеновых пептидов. Известно, что процессы замораживания и лиофилизации сопровождаются накоплением активных форм кислорода, способных повреждать липиды мембран, внутриклеточные белки и ферментные системы микроорганизмов [8]. В ряде исследований показано, что низкомолекулярные пептиды коллагена способны взаимодействовать со свободными радикалами и снижать интенсивность окислительных процессов [9]. Хотя механизмы такого действия пока изучены не полностью, предполагается, что защитный эффект может быть связан как с прямым связыванием активных форм кислорода, так и с изменением состояния водной фазы внутри матрицы.

Следует учитывать, что использование одного только коллагена также связано с рядом ограничений. При повышении температуры и длительном контакте с водой его структура становится менее устойчивой, а механическая прочность получаемых гелей может снижаться. По этой причине наибольший интерес сегодня представляют комбинированные системы, в которых коллаген сочетается с полисахаридными компонентами.

Наиболее часто коллаген комбинируют с альгинатом, хитозаном или пектином. В таких системах полисахаридный компонент обеспечивает формирование внешнего каркаса капсулы, тогда как коллаген участвует в создании внутренней белковой сети. За счёт этого структура становится более плотной и менее проницаемой для внешних факторов. Одновременно повышается механическая устойчивость капсул, что особенно важно при последующей сушке и хранении.

Кроме того, присутствие белкового компонента может оказывать влияние и на взаимодействие микроорганизмов с матрицей. Предполагается, что коллаген способствует более мягкому контакту клеток с катионными полимерами, в частности с хитозаном, потенциально снижая выраженность его ингибирующего действия. В результате комбинированные системы нередко обеспечивают более высокую сохранность пробиотических культур по сравнению с индивидуальными полимерными матрицами.

Таким образом, использование коллагена в составе комбинированных инкапсулирующих систем позволяет объединить преимущества белковых и полисахаридных матриц, обеспечивая более эффективную защиту пробиотиков в условиях технологического стресса.

Заключение

Коллаген представляет собой перспективный компонент для создания композитных биополимерных матриц, предназначенных для инкапсуляции пробиотиков. В сочетании с альгинатом и хитозаном он позволяет компенсировать недостатки полисахаридных матриц, повышая механическую стабильность капсул, барьерные свойства и выживаемость пробиотических культур в стрессовых условиях. Композитные системы на основе коллагена могут рассматриваться как конкурентоспособная альтернатива традиционным инкапсулирующим материалам в пищевых и биотехнологических системах.

Библиографический список

1. Lee K.Y., Mooney D.J. Alginate: properties and biomedical applications // Progress in Polymer Science. 2012. Vol. 37, no. 1. P. 106–126. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003

2. Rinaudo M. Chitin and chitosan: properties and applications // Progress in Polymer Science. 2006. Vol. 31, no. 7. P. 603–632. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001

3. Gómez-Guillén M.C., et al. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin // Food Hydrocolloids. 2011. Vol. 25. P. 1813–1827. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.05.007

4. Sriamornsak P. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review // Silpakorn University International Journal. 2003. Vol. 3. P. 206–228.

5. Zhu F. Modifications of starch and their applications in food industry // Food Chemistry. 2015. Vol. 188. P. 543–558. DOI: 10.1016/j.foodchem. 2015.06.107

6. Wang S., Copeland L. Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review // Food & Function. 2013. Vol. 4. P. 1564–1580. DOI: 10.1039/c3fo60027b

7. Shoulders M.D., Raines R.T. Collagen structure and stability // Annual Review of Biochemistry. 2009. Vol. 78. P. 929–958. DOI: 10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833

8. Van Engeland C., Haut B., Debaste F. A Closer Look at the Potential Mechanisms of Action of Protective Agents Used in the Drying of Microorganisms: A Review // Microorganisms. 2025. Vol. 13. P. 435. DOI: 10.3390/microorganisms13020435.

9. Zhang J. et al. Antioxidant activity of collagen peptides and their protective effect against oxidative stress in cells // Food Chemistry. 2021. Vol. 340. 128177. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128177

УДК 658.788.462+547.458.1

РАЗРАБОТКА ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Энтону Мозес Эдаче

В статье рассматривается разработка термостабильных плёночных биополимеров на основе крахмальной матрицы с добавлением наноэмульсии эфирного масла корицы (ЭМК). Исследованы физико-химические и функциональные свойства полученных образцов: морфология поверхности, антиоксидантная активность, водопоглощение и способность к биодеградации в компостных условиях. Установлено, что введение наноэмульсии ЭМК (1 %) улучшает структуру покрытия, снижает водопоглощение и обеспечивает высокую антиоксидантную активность (62 %). Полученные результаты подтверждают перспективность разработанных материалов для применения в экологичной функциональной упаковке.

Ключевые слова: термостабильные биополимеры, практическое применение, упаковка, экология.

Интенсивное накопление полимерных отходов и ограниченные возможности их переработки определяют необходимость разработки экологически безопасных упаковочных материалов. Перспективным решением данной проблемы служат биоразлагаемые термостабильные плёночные биополимеры на основе растительного сырья, способные в условиях компостирования полностью разрушаться до безвредных продуктов: CO_2, воды и минеральных солей. Повышение функциональных характеристик таких материалов достигается введением в плёночную матрицу наноэмульсии на основе эфирного масла корицы (ЭМК). ЭМК получают из коры, листьев, стеблей и молодых побегов растения (*Cinnamomum verum J.Presl*) [1]. Наноэмульсии представляют собой кинетически стабильные дисперсные системы типа «масло в воде» со средним диаметром капель до 100 нм, что обусловливает их высокую биодоступность. Целью работы являлась оценка влияния наноэмульсии на основе ЭМК на физико-химические и функциональные характеристики термостабильного плёночного биополимера.

Для проведения исследования было изготовлено два образца термостабильного плёночного биополимера: опытный – с добавлением наноэмульсии ЭМК (1 %) и контрольный – без неё. Образцы подвергались комплексному исследованию, включавшему: анализ морфологии поверхности методом оптической микроскопии, определение антиоксидантной активности (метод DPPH), водопоглощение, а также испытания на биодеградацию в компосте в лабораторных условиях.

Микроскопический анализ поверхности термостабильного плёночного биополимера показал, что введение наноэмульсии в крахмальную матрицу способствует формированию более однородной и гомогенной структуры покрытия. Антиоксидантная активность опытного образца с наноэмульсией ЭМК составила 62 %, что свидетельствует о выраженном антирадикальном потенциале материала и указывает на его возможные антимикробные свойства. Водопоглощение контрольного образца было существенно выше, что обусловлено гидрофильной природой крахмальной матрицы; введение наноэмульсии значительно снижало данный показатель. Испытания на биодеградацию подтвердили, что все полученные образцы плёнок способны к разложению в компостных условиях, демонстрируя закономерное снижение массы [2, 3].

Особый интерес представляет антимикробный потенциал термостабильных плёночных биополимеров. Основные биологически активные компоненты ЭМК – транс-циннамальдегид и эвгенол – обладают широким спектром антибактериального действия в отношении патогенных микроорганизмов. Инкапсулирование этих соединений в наноэмульсию позволяет стабилизировать их летучие компоненты и обеспечивает пролонгированное высвобождение активных веществ непосредственно в зоне контакта упаковочного материала с продуктом.

Данное свойство имеет принципиальное значение для увеличения сроков хранения пищевых продуктов. Стоит также отметить, что снижение водопоглощения образца обусловлено гидрофобными свойствами масляной фазы наноэмульсии, которая, равномерно распределяясь в крахмальной матрице, частично блокирует гидроксильные группы полисахаридных цепей. Это, в свою очередь, повышает барьерные характеристики плёнки по отношению к водяным парам – один из ключевых показателей качества упаковочного материала для пищевой промышленности.

Таким образом, разработанный термостабильный плёночный биополимер на основе крахмала с наноэмульсией ЭМК сочетает в себе экологическую безопасность, функциональные антиоксидантные свойства и улучшенные барьерные характеристики. Дальнейшие исследования целесообразно направить на оптимизацию концентрации наноэмульсии, изучение долгосрочной стабильности плёнок при различных условиях хранения, а также оценку их применимости в реальных технологических цепочках производства пищевых продуктов. Комплексный подход к созданию подобных материалов может стать значимым вкладом в развитие устойчивой упаковочной индустрии и сокращение накопления полимерных отходов [3, 4].

Библиографический список

1. Гуринович Л.К., Пучкова Т.В. Эфирные масла: химия, технология, анализ и применение. – М.: Школа косметических химиков, 2005. – 192 с.

2. Биоразлагаемые материалы на основе растительных полисахаридов для упаковки пищевых продуктов. Часть 1 / И.Ю. Потороко, А.В. Малинин, А.В. Цатуров, Удей Багале // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 21–28. DOI: 10.14529/ food200203.

3. Ali Ghadetaj, Hadi Almasi, Laleh Mehryar. Development and characterization of whey protein isolate active films containing nanoemulsions of Grammosciadium ptrocarpum Bioss. essential oil // Food Packaging and Shelf Life. – 2018. Vol. 16. – P. 31–40. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.01.012

4. Alberto Jimenez, María Jose Fabra, Pau Talens Amparo Chiralt. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review // Food and Bioprocess Technology. – 2012. – Vol. 5. – P. 2058–2076.

УДК 621.313.532

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МГД-НАСОСА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВИЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

С.А. Ганджа, Я.С. Ульман, Р.Р. Нараева

В статье исследована возможность применения индукционного МГД-перемешивания расплава вторичного алюминия в условиях действующей газовой плавильной печи. Показано, что качество слитков существенно зависит от температурной и концентрационной неоднородности расплава, связанной с дендритной и ликвационной структурой. На основе качественного выбора метода и численного моделирования канальной печи установлено, что схема обеспечивает циркуляцию металла и частичное использование подводимой энергии на полезное перемешивание, однако характеризуется значительными тепловыми потерями в первичной обмотке. Тепловой расчёт выявил необходимость специального охлаждения и ограниченную пригодность конструкции для промышленного внедрения.

Ключевые слова: вторичный алюминий, расплав, перемешивание, магнитогидродинамика, канальная печь.

Введение

Вторичный алюминий в литейном производстве получают по сравнительно простой, но технологически неидеальной схеме: спрессованный лом загружают в плавильную печь, расплав ведут газовыми горелками, а затем жидкий металл разливают в формы для кристаллизации. При этом температура в ванне достигает 720–780 °С, обычно объём расплава составляет около 2 м^3 при массе 5,0–5,5 т.

Качество такого расплава определяется не только химическим составом исходного сырья, но и состоянием самой жидкой ванны. Наиболее значимыми факторами являются:

- неметаллические включения;
- растворённый водород;
- структурная неоднородность и особенности фазового состояния расплава.

Для алюминиевых слитков особенно опасны дендритная и ликвационная неоднородность. Они приводят к неравномерности зеренной структуры, изменению твердости по сечению, локальному обогащению отдельных зон легирующими элементами и росту дефектности слитка. В результате ухудшаются свойства готовой продукции и снижается стабильность технологического процесса [1].

Причина этих явлений в значительной степени связана с температурным расслоением расплава: верхние слои нагреваются интенсивнее, тогда как нижние прогреваются медленнее и остаются более плотными. Естественная теплопередача не успевает выровнять ванну за время плавки, а ручное перемешивание расплава остаётся трудоёмким и малопроизводительным. Поэтому возникает практическая задача разработки автоматизированного способа перемешивания, способного обеспечить более равномерное распределение температуры и состава в объёме расплава [2].

Цель работы – оценить возможность и эффективность конкретной МГД-установки к перемешиванию расплава вторичного алюминия и проверить работоспособность выбранной конструктивной реализации на основе компьютерного моделирования.

1. Выбор метода перемешивания расплава

Способ перемешивания для условий металлургических производств старого образца должен определяться не только физической реализуемостью процесса, но и ограничениями действующей плавильной схемы. В рамках настоящей задачи метод должен обеспечивать равномерное перемешивание массы расплава 5,0–5,5 т за 20 минут, минимально вмешиваться в конструкцию существующих газовых печей, потреблять как можно меньше энергии и допускать автоматическое регулирование интенсивности и длительности воздействия. Ниже выполняется качественный отбор заведомо нецелесообразных решений [3, 4].

Исходя из механизма воздействия на расплав, способы перемешивания можно объединить в четыре группы: химико-технологические, механические, газодинамические и электромагнитные. Для рассматриваемого производства первые из них практически не дают нужного результата: плавка вторичного алюминия здесь редко связана с целенаправленным протеканием металлургических реакций, поэтому химико-технологические приёмы не решают основную задачу – выравнивание температуры и состава в объёме ванны.

Механические методы выглядят проще всего, однако именно они хуже всего согласуются с условиями высокотемпературной плавки. Погружные мешалки, гребки и аналогичные устройства быстро изнашиваются, создают риск загрязнения металла продуктами разрушения футеровки и рабочих органов. Это означает рост трудоёмкости, дополнительные потери времени и ухудшение условий безопасности труда. Такой способ можно считать технологически устаревшим и малопригодным для устойчивой промышленной эксплуатации.

Газодинамические решения, основанные на верхней, боковой или донной продувке, обладают большей технологической гибкостью [5]. Однако и они не лишены недостатков: при вводе газа в расплав возрастает вероятность локального вспенивания, шлакообразования и неравномерного воздействия по объёму ванны, для многих печей старого образца это потребо-

вало бы серьёзной реконфигурации системы подачи и контроля, тогда как задача предприятия состоит именно в минимальном вмешательстве в существующий агрегат. Поэтому такой метод нельзя считать оптимальным, хотя в ряде металлургических процессов он используется достаточно успешно.

Наиболее перспективным выглядят электромагнитные методы. Принципиальное преимущество в бесконтактном воздействии на жидкий металл. Перемешивание возникает под действием объёмных электромагнитных сил. В литературе по магнитногидродинамике и электровихревым течениям показано, что такие эффекты можно эффективно использовать для интенсификации массопереноса в жидком металле.

Принцип работы канальной печи на рис. 1. Основная масса металла располагается в ванне печи [6, 7]. Ванна сообщается с плавильным каналом. Жидкий металл в канале и в ванне образует короткозамкнутое проводящее кольцо, внутри которого располагается магнитопровод индуктора с первичной катушкой. В канале с расплавленным металлом индуцируется ток и выделяется тепловая энергия, разогревающая металл. Под действием электродинамических сил и конвективного движения нагретый металл из канала поднимается в ванну, а более холодный металл опускается в канал, где происходит его нагрев. Однако для данной производственной ситуации требуется не копирование технологии, а поиск эквивалентного индукционного решения, способного создать нужную циркуляцию расплава без радикальной перестройки всей печи.

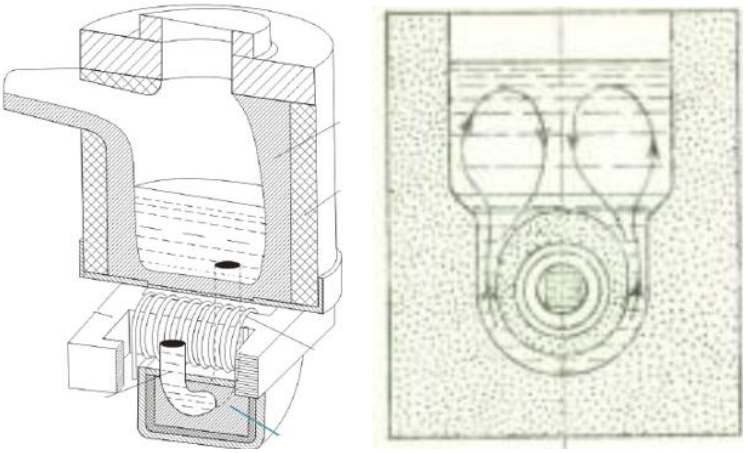


Рис. 1. Эскиз канальной печи и принцип ее работы

Возникающая циркуляция может использоваться именно как средство перемешивания, тогда как нагрев расплава выступает сопутствующим положительным эффектом.

Таким образом, для дальнейшего анализа выбран электромагнитный способ, а конкретная канальная индукционная реализация – как объект проверки на работоспособность и эффективность. Задача настоящей рабо-

ты показать, насколько данный вариант действительно способен решать проблему перемешивания и какие ограничения накладывает его тепловой и конструктивный режим.

2. Расчётная модель и моделирование

Подводимая к печи энергия в рассматриваемой схеме расходуется на формирование циркуляции в жидкой ванне и нагрев металла. Эффект возникает за счёт совместного действия электромагнитных сил и конвективного переноса. Для оценки этого процесса была принята упрощённая 3Д модель, достаточная для инженерного анализа работоспособности выбранного варианта (рис. 2).

В основу положена канальная печь, в которой жидкий металл ванны и металл в канале образуют замкнутый проводящий контур. Схема процесса и физический принцип работы печи показаны на соответствующем рисунке. Для численного моделирования реальный профиль подовой части не воспроизводился: вместо него был принят расчётный объём, эквивалентный фактическому объёму расплава. Такое упрощение не влияет на принципиальный вывод, поскольку задача состояла не в детальной реконструкции футеровки, а в оценке электромагнитного и теплового поведения системы.

Расчётная модель представлена в виде однофазного трансформатора, где:

- первичная обмотка соответствует индуктору;
- вторичная обмотка заменена одним замкнутым витком – расплавом;

Моделирование выполнялось в среде Ansys Electronics Desktop в квазистационарном режиме при частоте питания 50 Гц. Суммарная намагничивающая сила была задана на уровне 500000 А·витков. При 1000 витков первичной обмотки это соответствует фазному току порядка 500 А. Токи во вторичном короткозамкнутом витке рассчитывались программно и оказались близки к 500000 А, что подтверждает возможность получения высокой электромагнитной нагрузки в расплаве.

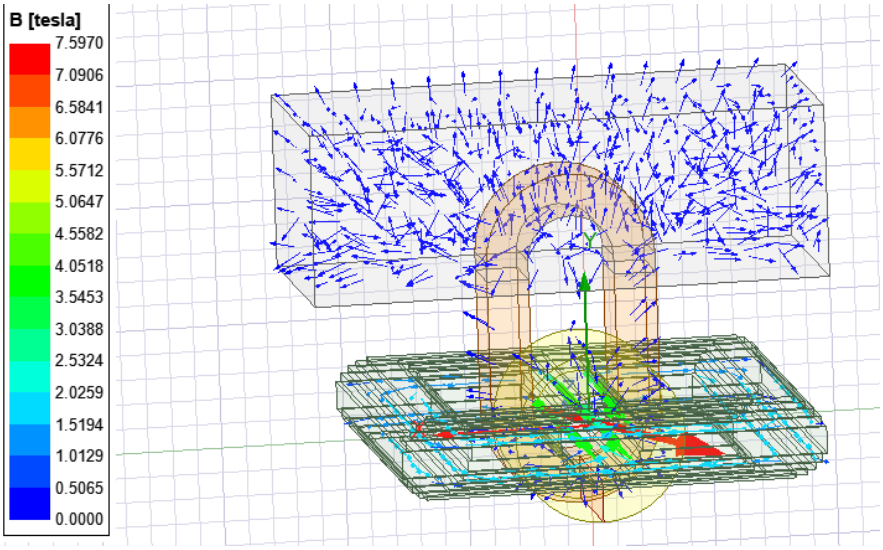


Рис. 2. Результат расчета квазистационарного магнитного поля

Результаты расчёта показали устойчивое формирование квазистационарного магнитного поля и значительные потери мощности в обоих элементах системы. По расчёту (рис. 3):

- в первичной обмотке выделяется 231 кВт;
- во вторичной обмотке – 229 кВт.

	Freq [Hz]	SolidLoss [kW] Setup1 : LastAdaptive
1	50.000000	231.301349

	Freq [Hz]	Losses_KZ_vitok Setup1 : LastAdaptive Phase='0deg'
1	50.000000	229682.405830

Рис. 3. Расчет тепловых потерь в первичной и вторичной обмотках

Поскольку вторичная цепь работает как короткозамкнутый виток, потерями в стальном сердечнике можно пренебречь. Полезной считается мощность, выделяемая в расплаве и идущая на его нагрев и перемешивание. В этом случае КПД оценивается как:

$$\eta = 229{,}6 / (229{,}6 + 231{,}3) = 0{,}498.$$

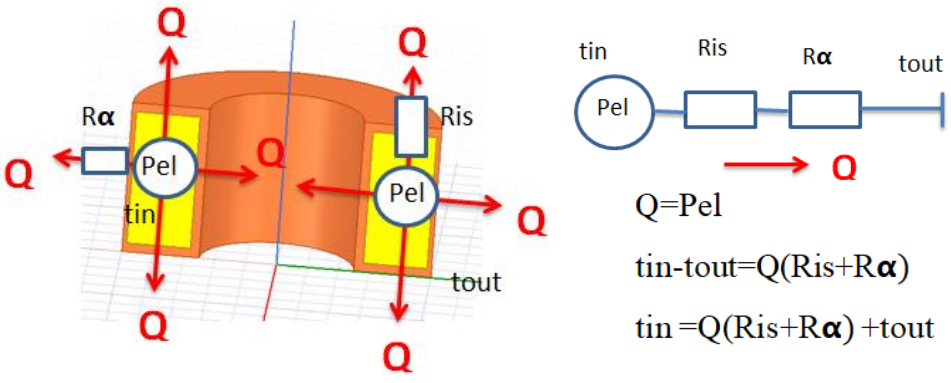
Это означает, что почти половина подводимой мощности превращается в полезный эффект, а вторая половина уходит на нагрев первичной цепи. Такой результат нельзя считать плохим, однако для задачи именно перемешивания он не является оптимальным. Потому что значительная часть энергии расходуется не на перемещение расплава, а на поддержание теплового режима расплава.

Минимальная требуемая мощность трансформатора должна составлять не менее 460 кВт, а с учётом запаса её целесообразно принимать на уровне 500 кВт. Следует отметить, что канальная схема действительно обеспечивает циркуляцию металла, но интенсивность этого перемешивания трудно выделить отдельно. Потому что в процессе одновременно действуют электромагнитные и конвективные силы. Данный вариант можно признать работоспособным, но не энергетически эффективным.

3. Тепловой расчёт плавильного трансформатора

Наиболее напряжённым элементом рассматриваемой МГД-системы является первичная катушка трансформатора, поскольку именно в ней сосредоточены основные омические потери. Следовательно, именно по её тепловому состоянию можно судить о практической пригодности всей конструкции в режиме длительной эксплуатации. Для предварительной оценки была использована упрощённая тепловая схема замещения, позволяющая определить характер тепловых потоков и ожидаемый температурный уровень обмотки (рис. 4).

Расчёт выполнен в Mathcad для режима S1, то есть при продолжительной работе установки. Такой подход можно считать заведомо жёстким, но именно он даёт наиболее пессимистичную оценку. Это важно, поскольку для промышленного оборудования необходимо обеспечить устойчивость теплового состояния при длительной нагрузке.



а) б)

Рис. 4. а) Схема движения тепловых потоков; б) упрощенная тепловая схема замещения катушек МГН

Результаты показали, что температурный уровень обмотки выходит за пределы стандартных классов электрической изоляции. Без дополнительного охлаждения такая катушка не может считаться надёжной для эксплуатации в реальной производственной среде. Поэтому конструкция требует отдельной системы теплоотвода, причём достаточно эффективной, чтобы компенсировать значительную долю потерь в обмотке.

Отсюда следует важный практический вывод: даже при удовлетворительном электромагнитном эффекте тепловая часть проекта становится ограничивающим фактором. Для её реализации необходимы дополнительные технические решения по охлаждению, что ведёт к усложнению узла и удорожанию всей установки.

Заключение

Для повышения качества расплава вторичного алюминия решающее значение имеет выравнивание температурного и концентрационного поля в объёме ванны. Для условий старых предприятий наиболее целесообразным является электромагнитный подход. Однако рассмотренная МГД-установка должна восприниматься как вариант с ограниченной областью применения.

Численное моделирование подтвердило работоспособность выбранной схемы: в расплаве возникает циркуляция, а часть подводимой энергии действительно вовлекается в полезные процессы перемешивания и нагрева металла. Вместе с тем расчёты показали, что значительная доля мощности расходуется на потери в первичной обмотке, что влияет на эффективность. Оценённый КПД составил 49,8 %. Рекомендуемая мощность трансформатора для такой установки 500 кВт.

Тепловой анализ выявил основной конструктивный недостаток рассмотренного варианта: температурный режим обмотки выходит за пределы стандартных классов изоляции. Следовательно, для практической реализации требуется специальная и достаточно эффективная система охлаждения, что неизбежно усложняет конструкцию и повышает стоимость оборудова-

ния. Именно тепловая нагрузка в данной схеме становится определяющим ограничивающим фактором.

Рассмотренный вариант следует оценивать, как работоспособный, но ограниченно применимый. Практическая ценность работы состоит в подтверждении физического принципа и в выявлении узких мест, которые необходимо устранить при разработке более совершенной конструкции.

Библиографический список

1. Выбор агрегатов для выплавки стали в сталелитейных цехах / А.Ф. Миляев, С.В. Кадников, И.М. Ячиков, И.В. Портнова // Труды VII конгресса сталеплавильщиков. – М.: Черметинформация, 2003. – С. 354–357.

2. Миляев А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учебное пособие. – Магнитогорск: МГТУ, 2001. – 410 с.

3. Окороков Н.В. Электромагнитное перемешивание металла в дуговых сталеплавильных печах. – М.: Металлургиздат, 1961. – 176 с.

4. Применение МГД-устройств в металлургии / под ред. В.Н. Тимофеева, Е.А. Головенко, Е.В. Кузнецова. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – 298 с.

5. Сизов А.М. Газодинамика и теплообмен газовых струй в металлургических процессах. – М.: Металлургия, 1987. – 256 с.

6. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю.Г. Барыбина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 578 с.

7. Физико-химическая оценка свойств промышленных ферросплавов / В.П. Пиптюк, А.Ф. Петров, С.В. Греков и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2007. – Вып. 14. – С. 235–243.

УДК 621.314

СРАВНЕНИЕ СХЕМ 24-ПУЛЬСНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТРЕХФАЗНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Н.А. Еремин, М.М. Дудкин

В статье рассмотрен расчет установленной мощности регулирующего оборудования в схемах 24-пульсных выпрямителей на основе регуляторов переменного напряжения (РН) с вольтодобавочными трансформаторами (ВДТ), увеличение пульсности которых достигается путем фазового сдвига напряжения на выходе РН, а также фазосдвигающих автотрансформаторов (АТФ). Результаты исследований показали, что 24-пульсный выпрямитель, в котором фазовый сдвиг выполняется на основе РН, одно-

значно выигрывает по установленной мощности трансформаторного оборудования, а выпрямитель с АТФ – по инверторному. В целом снижение мощности дополнительного оборудования достигается в схеме выпрямителя с АТФ в диапазоне регулирования от –7,5 % до +7,5 %. Выигрыш в установленной мощности при отсутствии регулирования напряжения составляет 13,16 % от мощности выпрямительного трансформатора.

Ключевые слова: 24-пульсный выпрямитель, регулятор переменного напряжения, вольтодобавочный трансформатор, электромагнитная совместимость, установленная мощность.

Введение

В настоящее время преобразователи переменного тока в постоянный получили очень широкое применение в электрифицированном городском и железнодорожном транспорте, линиях электропередач на постоянном токе, для производства цветных металлов и в других электротехнологических установках [1–3]. В силу большой потребляемой мощности для данных преобразователей важными факторами становятся показатели электромагнитной совместимости (ЭМС), а именно коэффициент реактивной мощности и уровень нелинейных искажений напряжения сети. Данные показатели зачастую не соответствуют нормативным требованиям [4, 5], что приводит к завышению габаритной мощности выпрямительных трансформаторов, а также росту расходов на электроэнергию за счет оплаты штрафов за потребление реактивной мощности сверхдопустимых значений. Как правило, основной причиной этого является применение фазового способа регулирования выпрямленного напряжения за счет тиристоров или дросселей насыщения [3, 6].

Для улучшения коэффициента реактивной мощности выпрямителей может быть использован способ регулирования напряжения на входе выпрямительного трансформатора (ВТ) при помощи регулятора переменного напряжения (РН) с вольтодобавочным трансформатором (ВДТ), вторичные обмотки которого соединяются последовательно между напряжением сети и входами ВТ [7]. В отличии от фазового регулирования данный способ не приводит к увеличению потребления реактивной мощности из сети [8], а в некоторых случаях наоборот даже способствует компенсации реактивной мощности [9].

Одним из способов снижения коэффициента нелинейных искажений напряжения сети является увеличение пульсности выпрямителей, например, за счет применения фазосдвигающих трансформаторов или автотрансформаторов [10], а также на основе фазового сдвига вольтодобавочного напряжения на входе ВТ [11]. Поэтому для выбора наилучшей схемы выпрямления необходимо учитывать не только показатели качества ЭМС, но и технические средства, затраченные для достижения поставленной задачи.

С учетом этого целью данной работы является сравнение установленной мощности дополнительного оборудования для двух схем 24-пульсных выпрямителей, выполненных на основе РН с ВДТ, в которых увеличение пульсности достигается путем фазового сдвига напряжения на выходе РН, а также фазосдвигающих автотрансформаторов (АТФ).

24-пульсный выпрямитель на основе регуляторов переменного напряжения с вольтодобавочными трансформаторами. 24-пульсный выпрямитель содержит два 12-пульсных выпрямителя, включенных параллельно по выходной шине постоянного тока (рис. 1 а). Каждый из 12-пульсных выпрямителей состоит из: трехобмоточного выпрямительного трансформатора ВТ1 или ВТ2, трехфазных диодных мостов ДМ1, ДМ2 или ДМ3, ДМ4, уравнительного реактора УР1 или УР2, регулятора переменного напряжения РН1 или РН2 с общим входным *LC*-фильтром Ф3. В состав РН1 и РН2 соответственно входят: автономный инвертор напряжения АИН1 и АИН2 с системой управления СУ1 и СУ2, выходной *LC*-фильтр Ф1 и Ф2, а также вольтодобавочный трансформатор ВДТ1 и ВДТ2, первичные обмотки которых включены по схеме звезда со стороны инвертора – фазы *a*1, *b*1, *c*1 и *a*2, *b*2, *c*2, а вторичные обмотки последовательно между фазами *A*, *B*, *C* и входными фазами *A*1, *B*1, *C*1 и *A*2, *B*2, *C*2 выпрямительных трансформаторов ВТ1 и ВТ2 соответственно (см. рис. 1 а, в, г). Питание РН1 и РН2 осуществляется с шин постоянного тока выпрямителя. АИН1 и АИН2 представляют собой трехфазный мост, построенный на основе *IGBT*-транзисторов со встречно-включенными диодами и работающий на высокой частоте в режиме пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции (ПВШИМ) [9, 10], а также синхронизированный с напряжением питающей сети *A*, *B*, *C*. Выходные *LC*-фильтры Ф1 и Ф2 обеспечивают фильтрацию высокочастотных гармоник на выходе АИН1 и АИН2.

Таким образом, РН1 и РН2 выполняют регулирование трёхфазных систем напряжений *a*1, *b*1, *c*1 и *a*2, *b*2, *c*2 как по фазе, так и амплитуде. В каждой фазе поворот векторов напряжения $\vec{U}_{\text{ВТ1.Н}}$ и $\vec{U}_{\text{ВТ2.Н}}$ на ±7,5 эл. град. относительно вектора сетевого фазного напряжения $\vec{U}_{\text{С.Ф}}$ осуществляется при помощи ортогональных составляющих $\vec{U}_{\text{РН1.}q}$ и $\vec{U}_{\text{РН2.}q}$, сонаправленных с осями *q*1 и *q*2 соответственно и сдвинутых относительно вектора $\vec{U}_{\text{С.Ф}}$ на угол 82,5 эл. град (см. рис. 1 б), что обеспечивает наименьшую длину векторов $\vec{U}_{\text{РН1.}q}$ и $\vec{U}_{\text{РН2.}q}$, а, значит, и установленную мощность дополнительного оборудования для повышения пульсности выпрямителя до значения 24.

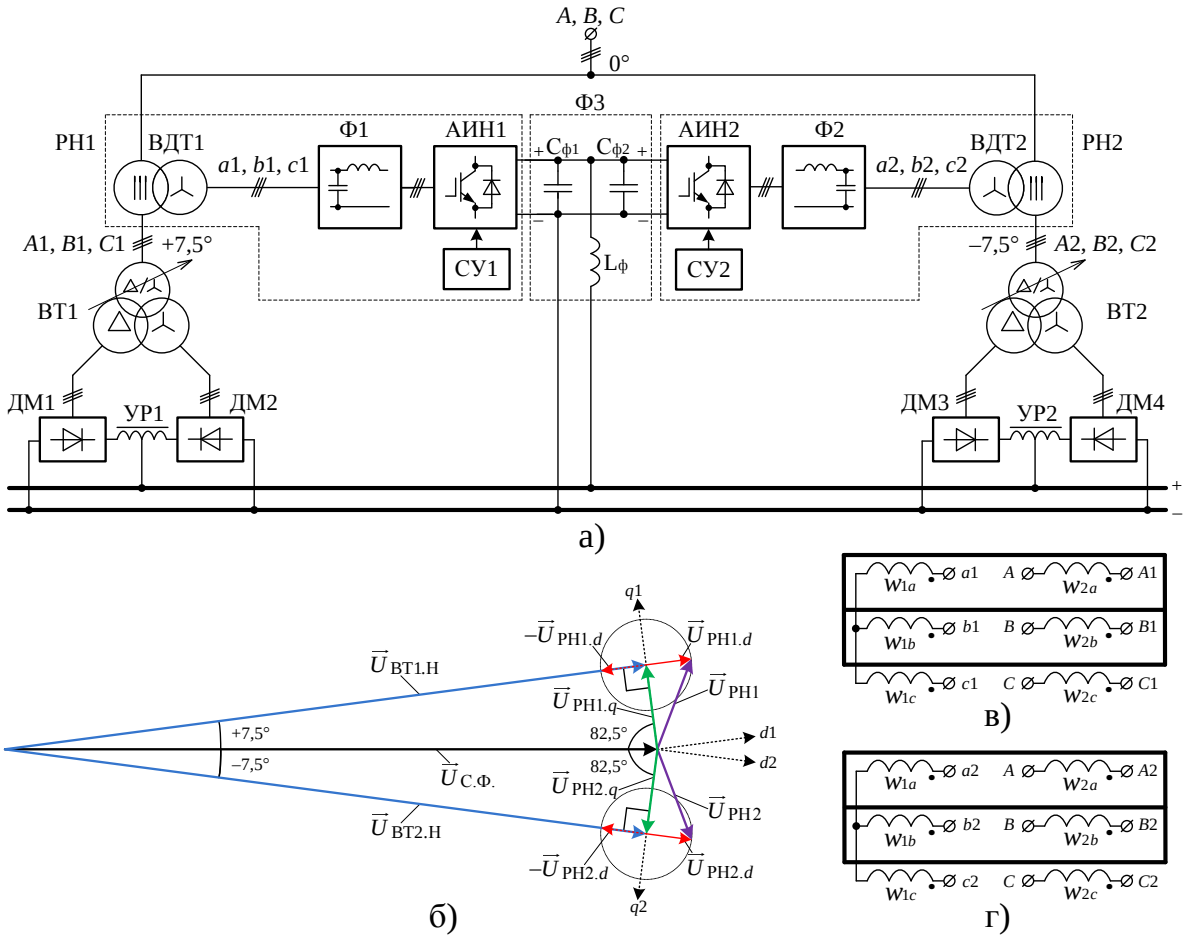


Рис. 1. 24-пульсный выпрямитель на основе РН с ВДТ: функциональная схема (а); векторная диаграмма (б) и схемы соединений обмоток ВДТ1 и ВДТ2 (в), (г)

Напряжение на входах ВТ1 и ВТ2 регулируется при помощи изменения длин ортогональных составляющих $\vec{U}_{\text{РН1}.d}$ и $\vec{U}_{\text{РН2}.d}$, сонаправленных с осями $d1$ и $d2$ соответственно, когда вектора напряжений $\vec{U}_{\text{ВТ1}}$ и $\vec{U}_{\text{ВТ2}}$ увеличиваются на данную составляющую (синфазный режим), или противофазно направленных с осями $d1$ и $d2$, когда вектора напряжений $\vec{U}_{\text{ВТ1}}$ и $\vec{U}_{\text{ВТ2}}$ уменьшаются на эту же составляющую (противофазный режим) (см. рис. 1 б). Таким образом, напряжение на входах выпрямителей ВТ1 и ВТ2 в общем виде равно

$$U_{\text{ВТ}} = U_{\text{ВТ.Н}} \pm U_{\text{РН}.d}, \qquad (1)$$

где $U_{\text{ВТ.Н}}$ – номинальное входное напряжение выпрямительных трансформаторов ВТ1 и ВТ2.

Тогда суммарное напряжение на выходах РН1 и РН2 (длины векторов $\vec{U}_{\text{РН1}}$ и $\vec{U}_{\text{РН2}}$) формируется в общем виде в соответствии со следующим выражением

$$U_{\text{РН}} = \sqrt{U_{\text{РН}.d}^{\ 2} + U_{\text{РН}.q}^{\ 2}}. \qquad (2)$$

На основании выражения (2) и векторной диаграммы (рис. 1 б) получена зависимость относительной мощности ВДТ1 и ВДТ2, а также АИН1 и АИН2, учитывающие только первые гармоники напряжений и токов

$$\bar{S}_{\text{Т}} = \bar{S}_{\text{ВДТ}} = \bar{S}_{\text{АИН}} = \frac{S_{\text{ВДТ}}}{S_{1\text{ВТ.Н}}} = \frac{S_{\text{АИН}}}{S_{1\text{ВТ.Н}}} = \sqrt{D_{\text{р}}^{\,2} + \left(\frac{\sin(7{,}5°)}{\sin(82{,}5°)}\right)^2} \qquad (3)$$

при условии, что ВДТ1 и ВДТ2, а также АИН1 и АИН2 являются идеальными, т. е. не учитываются электрические потери мощности на ключах и обмотках, а также потери в стали трансформаторов.

Здесь $S_{1\text{ВТ.Н}} = 3U_{\text{ВТ.Н}}I_{\text{ВТ.Н}}$ – номинальная мощность первичных обмоток ВТ1 и ВТ2; $U_{\text{ВТ.Н}}$, $I_{\text{ВТ.Н}}$ – номинальные напряжение и ток на входе ВТ1 и ВТ2; $D_{\text{р}} = U_{\text{РН.}d}/U_{\text{ВТ.Н}}$ – диапазон регулирования напряжения РН1 и РН2, который не превышает 10–15 % и тем самым ограничивает диапазон регулирования напряжения на выходе выпрямителя.

Для расширения диапазона регулирования выпрямителя вплоть до 100 % и снижения установленной мощности РН1 и РН2 в выпрямительный трансформаторы ВТ1 и ВТ2 вводятся отпайки на первичной стороне (см. рис. 1 а), переключение которых выполняет дискретное регулирование выпрямленного напряжения. Тогда за счет РН1 и РН2, работающих в синфазном и противофазном режимах, достигается плавное регулирование напряжения между соседними отпайками, ограниченное окружностью на рис. 1 б.

В схеме 24-пульсного выпрямителя (см. рис. 1 а) длины векторов напряжений $\vec{U}_{\text{ВТ1}}$ и $\vec{U}_{\text{ВТ2}}$ на входах ВТ1 и ВТ2 меньше вектора напряжения сети $\vec{U}_{\text{С.Ф}}$ всего на $U_{\text{ВТ}}/U_{\text{С.Ф}} = [1 - 1/\sin(82{,}5°)]\cdot 100\% \approx 0{,}86\,\%$, что позволяет применять данную схему как для новых проектируемых систем, так и для реконструкции старых.

24-пульсный выпрямитель на основе фазосдвигающего автотрансформатора и регулятора переменного напряжения с вольтодобавочным трансформатором

Данный выпрямитель (рис. 2 а) отличается от схемы на рис. 1 а тем, что между напряжением сети и входами ВДТ1 и ВДТ2 включены фазосдвигающие автотрансформаторы АТФ1 и АТФ2 по схеме на рис. 2 в, г для формирования трехфазных систем напряжений *A*1, *B*1, *C*1 и *A*2, *B*2, *C*2, сдвинутых относительно фаз напряжения сети *A*, *B*, *C* на ±7,5 эл. град соответственно (см. рис. 2 б), и тем самым переводя два 12-пульсных выпрямителя в 24-пульсный режим работы.

За счет того, что вектора напряжений $\vec{U}_{\text{АТФ1}}$ и $\vec{U}_{\text{АТФ2}}$ (см. рис. 2 б) сдвинуты относительно вектора сети $\vec{U}_{\text{С.Ф}}$ на ±60 эл. град, то длины векторов $\vec{U}_{\text{ВТ1}}$ и $\vec{U}_{\text{ВТ2}}$ на входах ВТ1 и ВТ2 меньше вектора напряжения сети $\vec{U}_{\text{С.Ф}}$

на $U_{\text{ВТ}}/U_{\text{С.Ф}} = \left[1 - \sin(112{,}5°)/\sin(60°)\right] \cdot 100\% \approx 6{,}68\%$, что позволяет применять данную схему преимущественно для новых проектируемых систем.

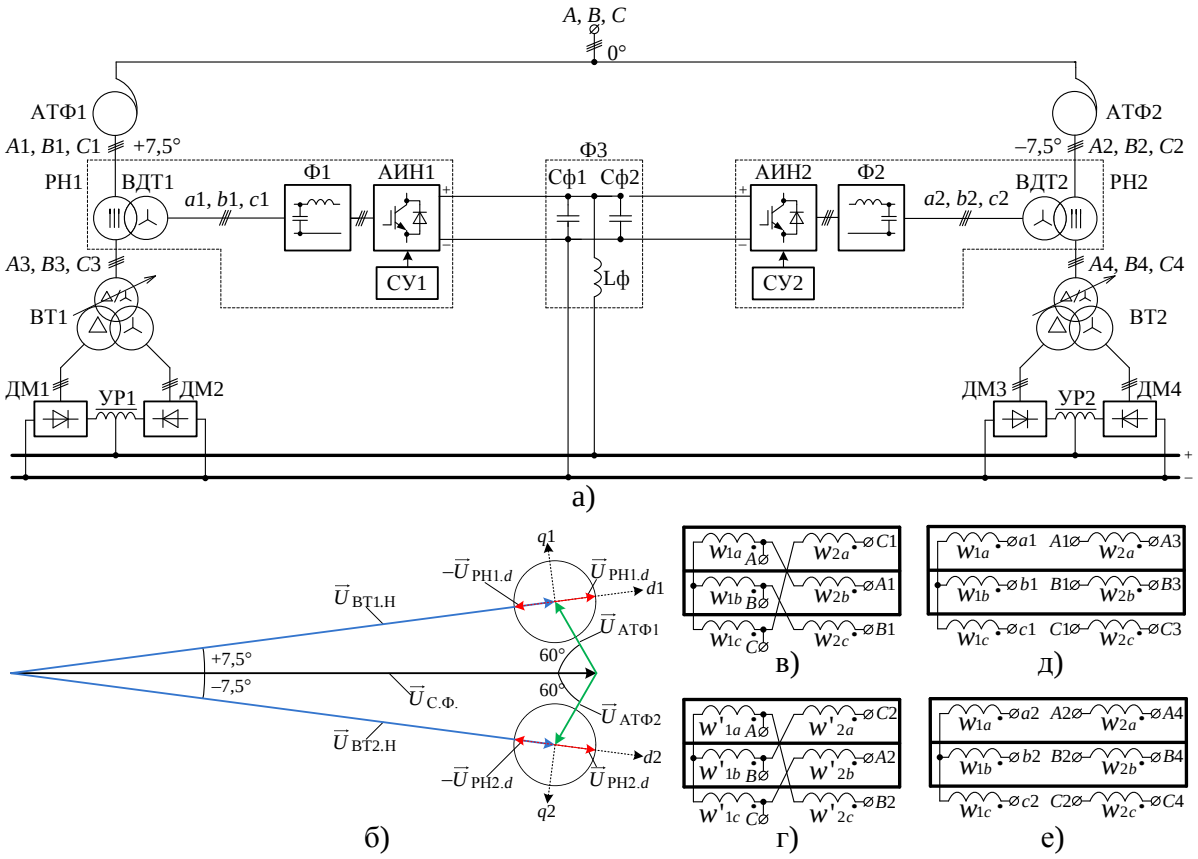


Рис. 2. 24-пульсный выпрямитель на основе АТФ и РН с ВДТ: функциональная схема (а); векторная диаграмма (б) и схемы соединений обмоток АТФ1 и АТФ2 (в) – (г)

Регулирование напряжений $U_{\text{ВТ1}}$ и $U_{\text{ВТ2}}$ на входах ВТ1 и ВТ2 осуществляется в синфазном и противофазном режимах работы за счет ортогональных составляющих $\vec{U}_{\text{РН1}.d}$ и $\vec{U}_{\text{РН2}.d}$ по осям $d1$, $d2$ (см. рис. 2 б) согласно выражению (1) при помощи РН1 и РН2.

С учетом векторной диаграммы (см. рис. 2 б) получена зависимость относительной мощности ВДТ1 и ВДТ2, а также АИН1 и АИН2, которая прямо пропорционально зависит от модуля диапазона регулирования

$$\bar{S}_{\text{ВДТ}} = \bar{S}_{\text{АИН}} = \frac{S_{\text{ВДТ}}}{S_{\text{1ВТ.Н}}} = \frac{S_{\text{АИН}}}{S_{\text{1ВТ.Н}}} = \left|D_{\text{р}}\right|. \tag{4}$$

Относительная мощность АТФ1 и АТФ2 не зависит от диапазона регулирования и определяется в соответствии с выражением

$$\bar{S}_{\text{АТФ}} = \frac{S_{\text{АТФ}}}{S_{\text{1ВТ.Н}}} = \frac{\sin(7{,}5°)}{\sin(60°)} \approx 0{,}15. \tag{5}$$

Суммарная мощность дополнительного трансформаторного оборудования в схеме на рис. 2 а складывается из относительных мощностей АТФ и ВДТ

$$\bar{S}_{\text{Т}} = \bar{S}_{\text{АТФ}} + \bar{S}_{\text{ВДТ}} . \qquad (6)$$

Сравнение установленной мощностей дополнительного оборудования для двух схем 24-пульсных выпрямителей (см. рис. 1, 2) представлены на рис. 3 на основе полученных выражений (3)–(6).

Мощность трансформаторного оборудования (см. рис. 3 а) для 24-пульсного выпрямителя на основе АТФ и РН с ВДТ (см. рис. 2 а) выше мощности аналогичного оборудования для выпрямителя на основе РН с ВДТ (см. рис. 1 а), что объясняется длиной вектора фазораздвижки $\vec{U}_{\text{АТФ}}$ и прямо пропорциональной зависимостью мощности ВДТ от диапазона регулирования (5). При нулевой вольтодобавке ($D_{\text{Р}}$ = 0) установленная мощность трансформаторного оборудования в выпрямителе с АТФ выше на 1,9 %.

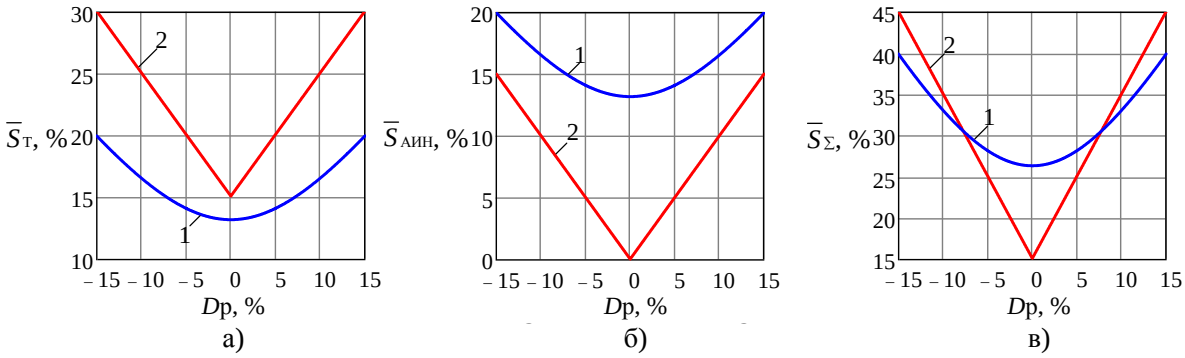


Рис. 3. Зависимости установленной мощности от диапазона регулирования для: трансформаторного (а); инверторного (б) и результирующего (в) оборудований (1 – выпрямитель на основе РН с ВДТ; 2 – выпрямитель на основе АТФ и РН с ВДТ)

Установленная мощность инверторного оборудования (см. рис. 3 б) в выпрямителе на основе РН с ВДТ значительно выше по причине формирования фазосдвигающего вектора $\vec{U}_{\text{РН}.q}$ за счет напряжения инвертора, что увеличивает мощность АИН при всех значениях диапазона регулирования. При $D_{\text{Р}}$ = 0 установленная мощность инвертора в данной системе выше на 13,16 %.

Суммарная мощность дополнительного оборудования в 24-пульсном выпрямителе на основе АТФ и РН с ВДТ ниже мощности 24-пульсного выпрямителя на основе РН с ВДТ только в диапазоне от –7,5 % до +7,5 %, что связано с линейным характером зависимостей установленных мощностей как трансформаторного, так и инверторного оборудования в выпрямителе на основе АТФ и РН с ВДТ, в отличии от квадратичной зависимости в системе с формированием фазосдвигающего вектора при помощи РН.

Заключение

Результаты исследований показали, что 24-пульсный выпрямитель на основе РН с ВДТ, однозначно выигрывает по установленной мощности трансформаторного оборудования, но значительно проигрывает по инверторному, так как фазовый сдвиг трехфазных систем напряжения на ±7,5 эл. град в данной системе осуществляется за счет мощности АИН. Так, например, при $D_{\text{р}} = 10\,\%$ нормированная мощность АИН для выпрямителя на основе АТФ составляет 10 %, а в системе на основе РН с ВДТ $\overline{S}_{\text{АИН}}$ =16,5 %, что в мощных выпрямителях приводит к существенному усложнению конструкции инвертора по причине наращивания его мощности в силу ограничения токовой нагрузки полупроводниковых ключей. Поэтому с учетом этих позиций схема 24-пульсного выпрямителя на основе АТФ однозначно выигрывает у выпрямителя на основе РН с ВДТ практически во всем диапазоне регулирования.

По установленной мощности дополнительного оборудования 24-пульсный выпрямитель на основе АТФ и РН с ВДТ также выигрывает у схемы 24-пульсного выпрямителя на основе РН с ВДТ в диапазоне регулирования от –7,5 % до +7,5 %. Поэтому данная система однозначно рекомендуется к применению в выпрямителях с комбинированным способом регулирования (на основе дискретного переключения отпаек выпрямительного трансформатора на высокой стороне совместно с плавным регулированием при помощи РН с ВДТ), в котором диапазон плавного регулирования напряжения не превышает 4 % и определяется максимальным уровнем напряжения переключения отпайки выпрямительного трансформатора.

Библиографический список

1. Степанов, А.А. Применение энергоэффективных выпрямителей тяговых подстанций железнодорожного карьерного транспорта / А.А. Степанов, И.И. Сингизин, Р.Н. Латышев // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 10-1. – С. 156–176. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_101_0_156

2. Бобков, В. Силовая преобразовательная техника для мощных электротехнологических установок постоянного тока / В. Бобков, А. Бобков, В. Копырин // Силовая электроника. – 2004. – № 1. – С. 66–69.

3. Бобков, В. Реконструкция преобразовательных подстанций для питания электролизеров алюминия / В. Бобков, А. Бобков // Силовая электроника. – 2006. – № 4. – С. 66–68.

4. Power quality solutions for 12-pulse smelter converters in ETI Aluminium Works / M. Ermis et al. // 38th IAS Annual Meeting on Conference Record of the Industry Applications Conference, 2003. – Salt Lake City, UT, USA. – 2003. – Vol. 1. – P. 79–89. DOI: 10.1109/IAS.2003.1257487

5. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 23.06.2015 № 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энерго-

принимающих устройств) потребителей электрической энергии» (Зарегистрирован 22.07.2015 № 38151). URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201507270034 (дата обращения: 10.05.2026).

6. Coordinate Control Strategy for Current Stabilization in an Aluminum Smelter Including on Load Tap Changer / H. Xu, Q. Xu, Y. Gao, H. Liu // Energy and Power Engineering. – 2013. – Vol. 5, no. 4B. – P. 1410–1414. DOI: 10.4236/epe.2013.54B267

7. Пат. 2333589 Российская Федерация. МПК7 H 02 M 7/12. Способ управления многофазным выпрямительным агрегатом / Ю.И. Хохлов. № 2007109991/09; заявл. 19.03.2007; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25. 13 с.

8. Система стабилизации тока для электролиза цветных металлов на основе регулятора переменного напряжения с вольтодобавочным трансформатором и 12-пульсным диодным выпрямителем / М.М. Дудкин, Н.А. Еремин, М.А. Дзюба, В.Д. Сычева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2025. – Т. 25, № 3. – С. 22–39. DOI: 10.14529/power250303

9. Экспериментальное исследование некомпенсированного выпрямителя с векторным управлением / Ю.И. Хохлов, М.М. Дудкин, В.И. Сафонов, П.В. Лонзингер // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 45–51. DOI: 10.14529/power150306

10. Wu, B. High-Power Converters and AC Drives / B. Wu, N. Mehdi. – Second Edition. – USA: Wiley-IEEE Press, 2016. – 480 p. DOI: 10.1002/9781119156079

11. Пат. 2410830 Российская Федерация. МПК7 H 02 M 7/12. Способ управления многофазной системой электроснабжения потребителей постоянного тока / Ю.И. Хохлов, М.Ю. Федорова. №2009132383/07; заявл. 28.08.2009; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3. 12 с.

УДК 621.313.2

РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Д.Е. Салимулин, С.А. Ганджа, Р.Р. Нараева

В статье проведен анализ существующих электрических двигателей, и под конкретные и специальные задачи выбран двигатель. Сделан электромагнитный расчет выбранного двигателя, проверен через программу Ansys, сделан вывод по поставленным целям.

Ключевые слова: робототехнический комплекс, электротрансмиссия, интеллектуальные системы, мобильные роботы, система автоматического управления движением, РТК специального назначения, коллекторный электродвигатель.

Введение

Развитие роботизированных транспортных средств в настоящее время является важной и актуальной задачей. Основное их функциональное назначение заключается в доставке на переднюю линию грузов и продовольствия и транспортировке в обратном направлении пострадавших. В экстремальных условиях они эксплуатируются как в автоматическом режиме, так и в режиме управления оператором [1–3]. Данный проект по разработке таких транспортных средств соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и инжиниринга в Российской Федерации. Он относится к области интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, включая автономные транспортные средства, а также транспортные технологии для различных областей применения [1]. В настоящее время промышленно выпускаются транспортные средства с электротрансмиссиями на базе асинхронных, синхронных, вентильных и вентильно-индукторных электродвигателей. Эти электротрансмиссии имеют ряд существенных недостатков:

– электронная система управления требует наличие датчика положения ротора, что усложняет конструкцию двигателя, при этом габариты электронного блока соизмеримы с габаритами двигателя. Это сокращает полезный объем транспортного средства;

– сложная система управления с большим количеством электронных компонентов снижает надежность транспортного средства, работающего в экстремальных условиях;

– общая стоимость электродвигателя и электронной системы управления достаточно высока, что резко ограничивает их массовое применение [2].

Из преимуществ этих электротрансмиссий следует отметить большой срок службы, так как в них отсутствует контактный токоподвод.

В данной статье для электротрансмиссии предлагает применить другой тип двигателя – коллекторный электродвигатель постоянного тока с независимым возбуждением. В отличие от вышеперечисленных двигателей, он не нуждается в силовой электронике для коммутации секций якоря. Эту функцию выполняет компактный щеточно-коллекторный узел. Управление по независимой цепи возбуждения требует слаботочной электроники. Отсутствие сложных электронных компонентов снижает габариты и повышает общую надежность привода. Уменьшение срока службы электродвигателя за счет износа щеток для данного типа транспортных средств не существенно. Ресурса щеток хватает на 20–30 тысяч моточасов, что вполне достаточно для робототехнического комплекса, работающих в экстремальных условиях [4, 5].

Общее описание транспортного средства

Роботизированное наземное беспилотное транспортное средство предназначено для транспортировки груза до 300 кг на переднюю линию и обратно.

Данный робототехнический комплекс должен иметь следующие тактико-технические характеристики:

– диапазон изменения линейной скорости движения: 0–50 км/ч;

– суммарный номинальный момент всех тяговых электродвигателей при скорости 50 км/ч – 480 Н·м;

– максимальный кратковременный момент всех тяговых электродвигателей при разгоне – 3200 Н·м.

Транспортное средство управляется по радиоканалу в режимах: ручном дистанционном, полуавтоматическом, автоматическом по программе одиночное, автоматическое групповое до 16 единиц. Транспортное средство состоит из корпуса, гусеничного привода по двум бортам, источника бортового питания, системы управления (рис. 1). Имеет бронированный грузовой отсек. В гусеничный привод входят 4 комплекта электротехнического комплекса по два на каждый борт. Понижающий редуктор отсутствует. 4 тяговых электродвигателя по 2 на каждый борт непосредственно соединены с звездочками для вращения гусениц левого и правого борта. 4 тяговых электродвигателя существенно повышают надежность. При выходе из строя одного электродвигателя или двух электродвигателей по разным бортам транспортное средство остается на ходу. Гусеничный привод оснащен опорными роликами из резины, поддерживающими роликами, узлом натяжения со звездочками. Аккумуляторные батареи бортового источника питания расположены в объеме гусеничного привода [13–19].

Рис. 1. Компоновка транспортного средства

Конструктивные особенности электродвигателя: в качестве тягового двигателя применен коллекторный электродвигатель независимого возбуждения (рис. 2).

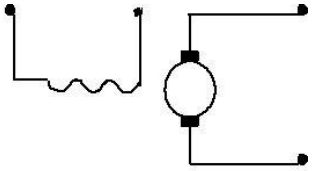


Рис. 2. Независимое возбуждение

Требования к электродвигателю

Тип электродвигателя – коллекторный с независимым возбуждением.

Запас хода до первой замены щеток – 10000 мотор*часов.

Номинальная мощность при длительном режиме работы – 6 кВт.

Номинальное напряжение – 72 В.

Номинальная частота вращения в длительном режиме – 470 об/мин.

Номинальный момент в длительном режиме работы – 120 Н·м.

Кратковременный максимальный момент при разгоне – 800 Н·м.

Тип возбуждения – независимое.

Токоподвод к якорной цепи – однопроводный.

Габариты:

наружный диаметр корпуса – 300 мм;

наружная длина без вылета вала – 340 мм.

Торможение электродвигателя:

основное – рекуперация кинетической энергии РБТС в АКБ;

дополнительное при малых скоростях – фрикционное тормозными колодками.

Крепление ведущей шестерни к валу двигателя – консольное.

Исполнение по защите от проникновения твердых тел и воды – IP44.

Охлаждение – воздушное (внешний обдув корпуса).

Подключение электродвигателя к бортовой сети – однопроводное через контактор 1000 А.

Требования к системе управления электродвигателя.

Регулировка частоты вращения и момента – по цепи возбуждения. Необходимо обеспечить изменение величины тока возбуждения и его полярность для реверса.

Напряжение питания – 72 В.

Токоподвод – штепсельный разъем.

Охлаждение корпуса – воздушное, принудительное.

Система управления должна выдавать аналоговый сигнал о частоте вращения вала электродвигателя в систему управления всем транспортным средством.

Электродвигатель встроен в виде мотор-колеса в привод на гусеничном ходу.

Он представляет из себя классическое исполнения коллекторныго двигатель (статор снаружи, ротор внутри) [8].

Электромагнитный расчет

Проектирование электродвигателя на заданные параметры было выполнено по классической методике [8]. В результате были определены главные размеры, геометрия якоря и индуктора. Полученные проектные размеры были использованы для анализа спроектированного варианта в программной среде Ansys Electronics Desktop. Моделирование электродвигателя было выполнено в режиме Rmxpt. Результаты расчета сведены в табл. 1, 2. Основные результаты электромагнитного анализа сведены в табл. 2.

На рис. 3–8 представлены рабочие характеристики электродвигателя.

Таблица 1

Номинальные параметры	
Номинальная мощность, кВт	6
Номинальное напряжение цепи якоря, В	72
Номинальная частота вращения, об/мин	470
Номинальное напряжения цепи возбуждения, В	72
Число полюсов	4
Параметры индуктора	
Наружный диаметр, мм	300
Диаметр по расточке полюсов, мм	200
Длина корпуса, мм	220
Длина полюса, мм	166
Коэффициент полюсной дуги	0,72
Ширина полюса, мм	60
Высота полюсного наконечника, мм	10
Число витков обмотки возбуждения	700
Диаметр провода обмотки возбуждения, мм	1,024
Параметры якоря	
Диаметр расточки якоря. мм	196,8
Диаметр под вал, мм	60
Длина пакета якоря, мм	166
Число пазов	58
Наибольшая ширина паза, мм	8
Наименьшая ширина паза, мм	5
Ширина открытия паза, мм	3
Высота коронки паза, мм	1
Высота кромки паза, мм	1
Высота паза, мм	22
Число проводников в пазу	12
Шаг обмотки по пазам	11
Диаметр провода обмотки якоря, мм	2,35
Параметры щеточно-коллекторного узла	
Диаметр коллектора, мм	125
Длина коллектора, мм	30
Число коллекторных пластин	58
Ширина щетки, мм	10
Длина щетки, мм	25

Таблица 2

Индукция в воздушном зазоре, Тл	0,56
Индукция в зубце якоря, Тл	1,85
Индукция в спинке якоря, Тл	0,93
Индукция в полюсе, Тл	1,15
Индукция в спинке индуктора, Тл	1,35
Номинальный ток, А	102,2
Номинальный момент, Н·м	118,8
Коэффициент полезного действия	78,1
Потери в обмотке якоря, Вт	1220
Потери в щетках, Вт	102
Потери в стали, Вт	5,1
Потери в обмотке возбуждения, Вт	317
Дополнительные потери Вт	30
Общие потери, Вт	1680
Линейная нагрузка А/м	28,779
Плотность тока в обмотке якоря А/мм^2	7,7

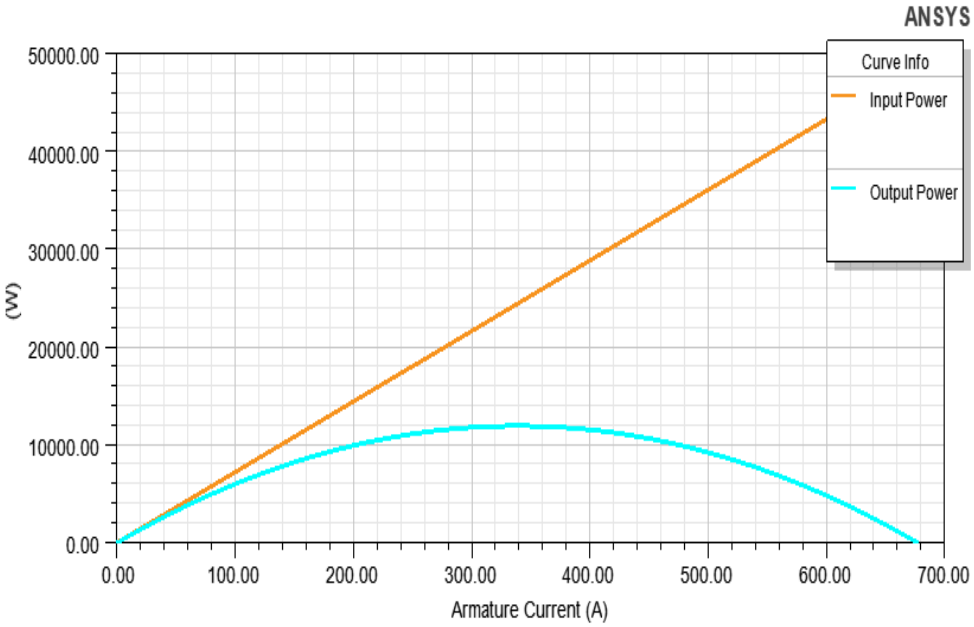


Рис. 3. Зависимость входной и выходной мощности от тока

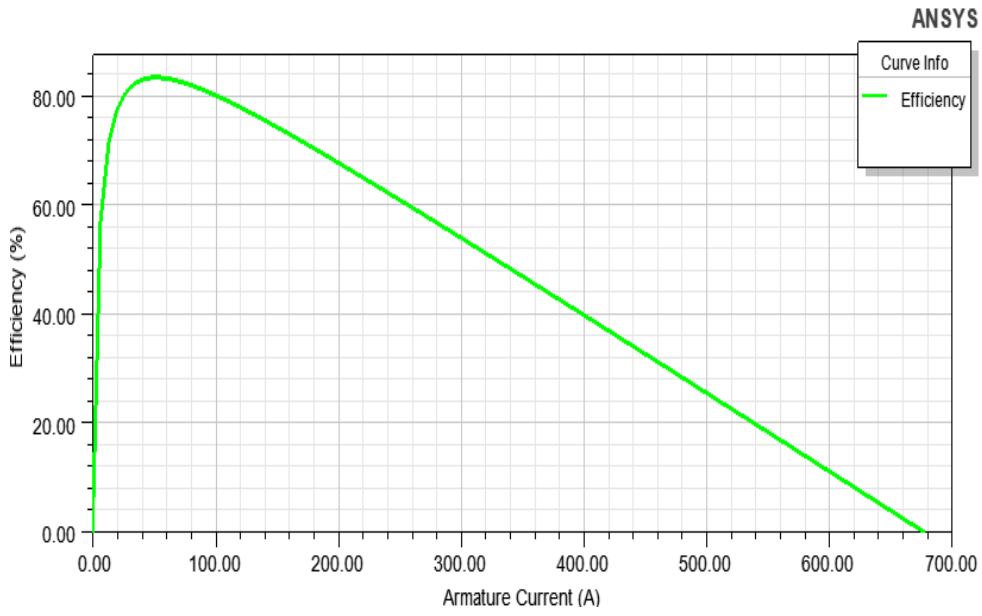


Рис. 4. Зависимость КПД от тока

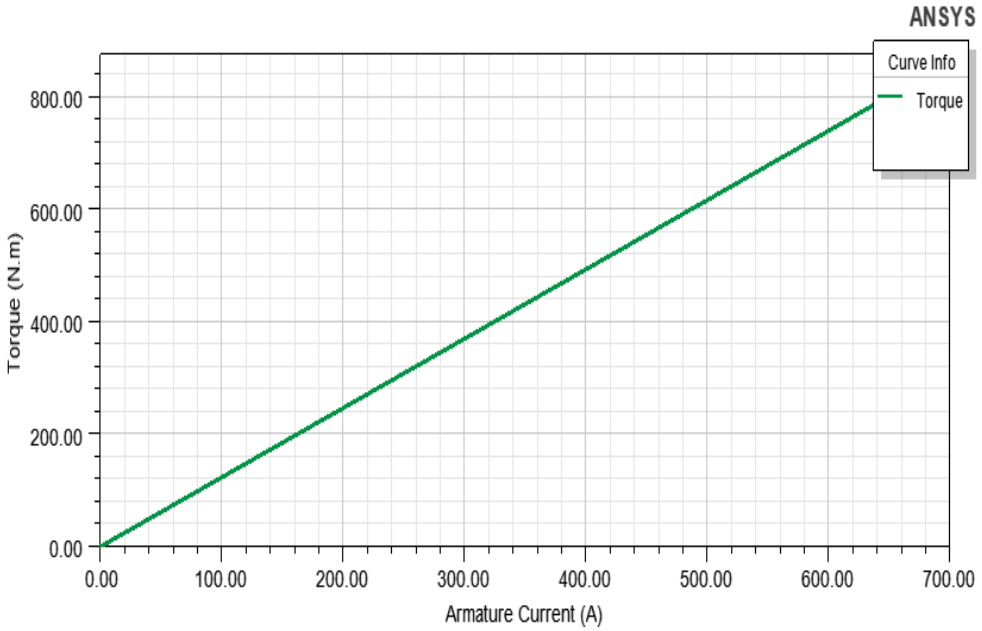


Рис. 5. Зависимость крутящего момента от тока

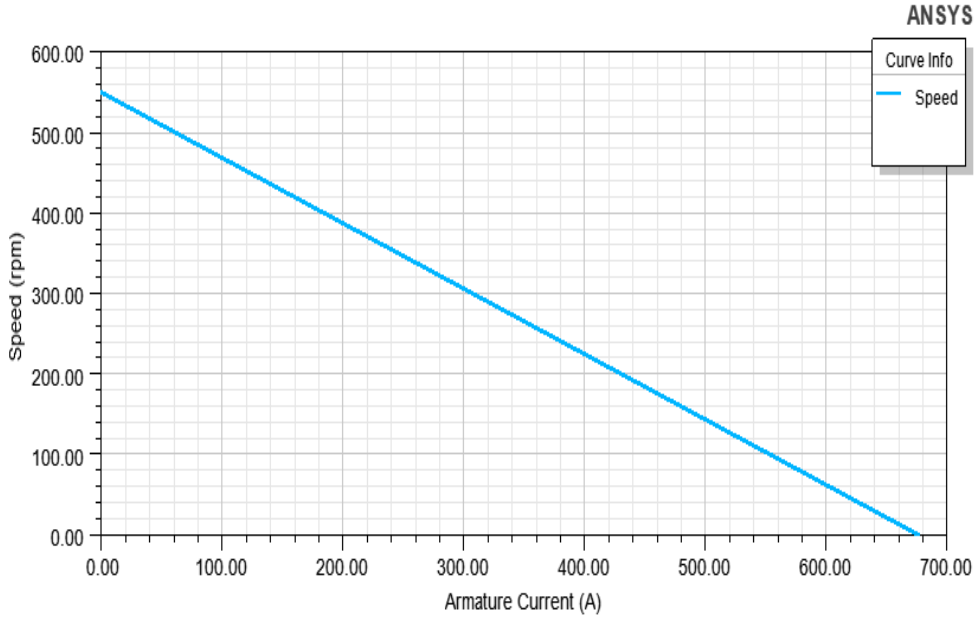


Рис. 6. Зависимость скорости от тока

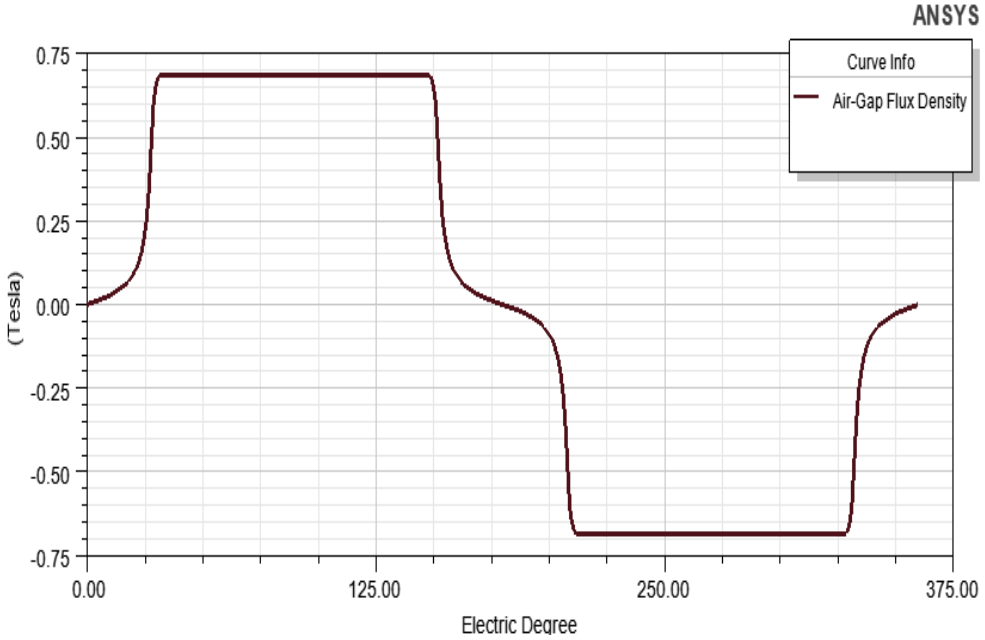


Рис. 7. Зависимость индукции в воздушном зазоре вдоль полюсного деления

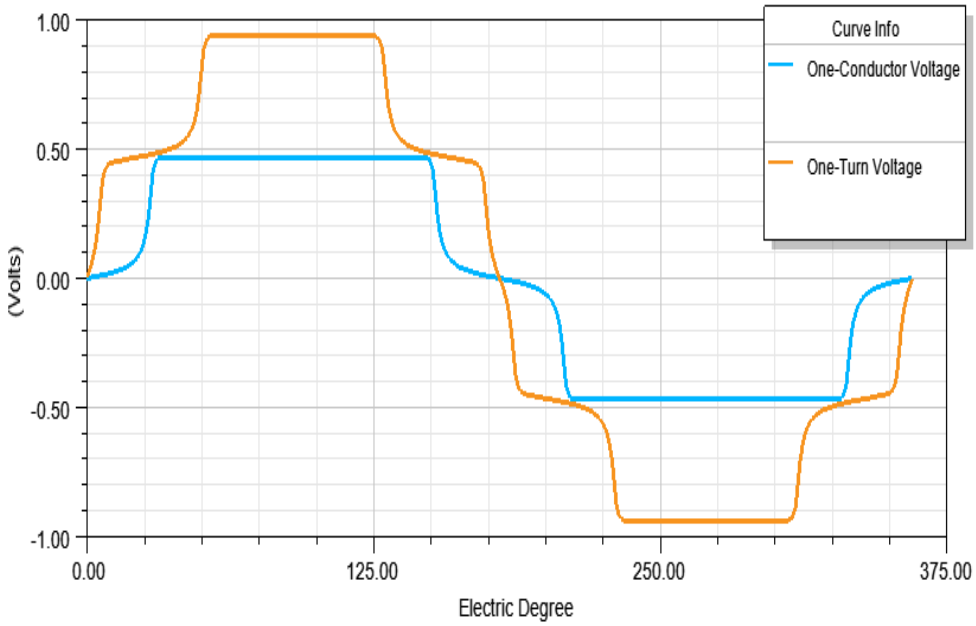


Рис. 8. Зависимость ЭДС от углового смещения якоря

Анализ электродвигателя в программе Ansys Electronics Desktop показал, что двигатель соответствует техническим требованиям по основным параметрам: выходной мощности, скорости вращения, КПД. Программная среда Ansys Electronics Deskop является независимым экспертом для двигателей различных классов [12–14]. Исходя из этого, можно утверждать, что полученные параметры и характеристики являются надежными [7–12].

Принудительная система охлаждения

В особенности конструкции введена система охлаждения. В качестве источника энергии подачи сжатого воздуха используется компрессор, который совместно с влагомаслоотделителем и регулятором давления образует питательный контур, обеспечивающий сжатым очищенным от влаги и масла воздухом все мотор-колеса. Исправная работа влагомаслоотделителя и регулятора давления контролируется по величине давления сжатого воздуха и наличию срабатывания регулятора, во время которого происходит автоматический сброс конденсата.

Кроме того, регулятор давления выполняет функцию предохранительного клапана, от него производится отбор воздуха на технические нужды.

Регулирование давления в пневмосистеме осуществляется путем соединения нагревательной полости компрессора с атмосферой к пневмосистеме при достижении минимального предела регулирования давления.

Для подключения к пневмосистеме шланга обдува мотор-колеса воздух к подключенному потребителю будет выступать при любом давлении, так как компрессор работает в режиме генератора (рис. 9) [20].

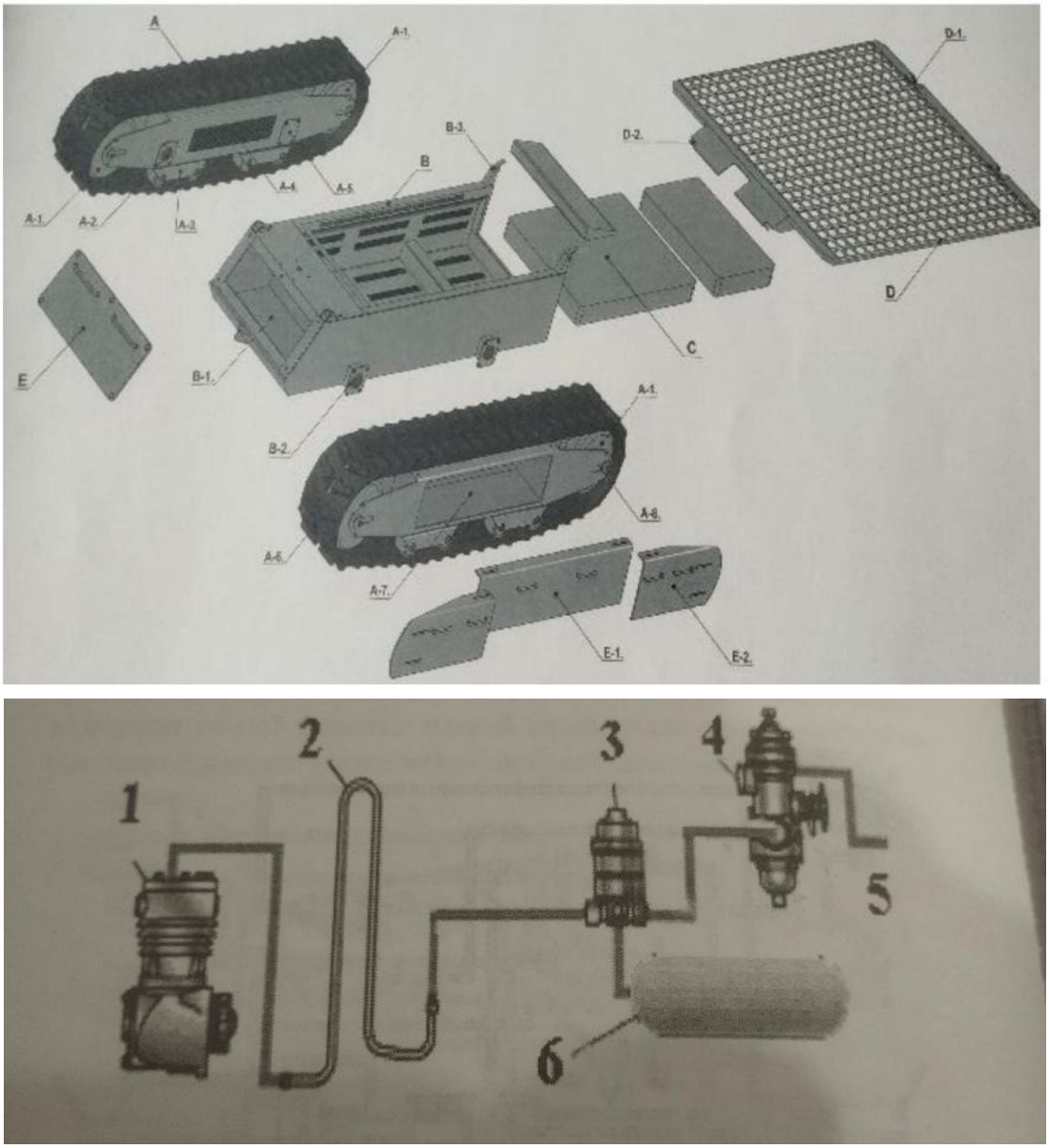


Рис. 9. Питающий контур системы охлаждения двигателя

Заключение

Проведенный анализ показывает целесообразность использования коллекторного электродвигателя независимого возбуждения для роботизированных транспортных средств специального назначения. Это обусловлено спецификой эксплуатации данных электроприводов, которая связана с ограниченными габаритами. Высокая надежность и короткий срок службы. Проведенный электромагнитный расчет показал реальность работы транспортного средства при указанной мощности. Электродвигатель не является типичным, который входит в диапазон мощности серийных электродвигателей постоянного тока. Это связано со спецификой его работы в электрической трансмиссии транспортного средства, которая связана с широким диапазоном скоростей и крутящих моментов. Оно должно быть разработа-

но для конкретных условий эксплуатации, но при массовом производстве оно будет более экономичным и надежным, чем приводы клапанов, разработанные специально для этого транспортного средства. Имеет смысл распространить эту концепцию на электрические трансмиссии роботизированных транспортных средств мощностью до 100 кВт.

Библиографический список

1. Афоничев, Д.Н. Математическая модель управляемого асинхронного электродвигателя/ Д.Н. Афоничев, С.Н. Пиляев, М.А. Степин // Повышение эффективности использования мобильных энергетических ресурсов в различных режимах движения: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Ефима Мироновича Харитончика. – Воронеж, 2017. – С. 10–15.

2. Ганджа, С.А. Разработка мотор-колеса на базе вентильного двигателя комбинированного возбуждения для гибридных транспортных средств и транспортных средств на электрической тяге / С.А. Ганджа, А.А. Котов // Эффективность, надежность и безопасность энергетического оборудования: сборник докладов научно-практической конференции. – 2014. – С. 13–16.

3. Ганджа, С.А. Математическая модель вентильного многосекционного моментного двигателя на основе агрегированных переменных // Исследование автоматизированных электроприводов, электрических машин и вентильных преобразователей: темат. сб. научн. тр. – Челябинск: ЧПИ, 1984. – С. 8–13.

4. Исследование вентильного электродвигателя с внутренними постоянными магнитами / И.Н. Радимов, В.В. Рымша, С.К. Демьяненко, П.А. Кравченко // Прати Института электродинамики Национальной академии наук Украины. – 2010. – № 25. – С. 64–67. – EDN: PXVPRX.

5. Ишутинов, В.В. Применение методов оптимизации при проектировании вентильных электродвигателей постоянного тока с постоянными магнитами для специальных электроприводов / В.В. Ишутинов // Электротехника. – 2014. – № 4. – С. 46–50. – EDN: RXXEJN.

6. Ишутинов, В.В. Оптимальное проектирование вентильных электродвигателей в среде ANSYS / В.В. Ишутинов // Всероссийская ежегодная научно-техническая конференция «Общество, наука, инновации» (NTC-2012): сборник материалов: Общеуниверситетская секция, BF, GF, FEM, FAVT, FAM, FPMT, FSA, HF, ETF, Киров, 16–27 апреля 2012 г. / отв. ред. С.Г. Литвинец. – Киров: Вятский государственный университет, 2012. – С. 2062–2063. EDN: SSQGXN.

7. Караулов, В.Н. Методика проектирования реверсивного двигателя с постоянными магнитами для привода лебедки / В.Н. Караулов, М.В. Сахаров // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2019. – № 2. – С. 51–58. – DOI: 10.17588/2072-2672.2019.2.051-058.

8. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин: учебное пособие для бакалавров / под ред. И.П. Копылова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2014. – 767 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс.

9. Котов, А.А. Разработка математической модели асинхронизированного синхронного ветрогенератора для задачи оптимизации основных геометрических раз-

меров на основе обобщенных переменных / А.А. Котов, Н.И. Неустроев, И.А. Чуйдук // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – Вып. 33. – С. 78–98. DOI: 10.15593/2224-9397/2020.1.05

10. Мазурова, О.В. Электромобили: проблемы и перспективы / О.В. Мазурова // Энергетика: экономика, технологии, экология. – 2019. – № 12. – С. 33–37. – DOI: 10.7868/S0233361919120061. – EDN: DGPRCI.

11. Мирзоев, Г.К. Разработка электромобилей ОАО «АвтоВАЗ» / Г.К. Мирзоев, А.П. Казаров // Журнал инженеров автомобильной промышленности. – 2010. – № 1(60). – С. 18–25. – URL: https://motor.ru/news/evs-sales-12-01-2024.htm (дата запроса: 20.01.2024) EDN: RVWSJR

12. Пахомин, С.А. Оптимизация проектирования клапанных машин с постоянными магнитами на основе пакета FEMM / С.А. Пахомин, Л.С. Пахомина // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2018. – Т. 61, № 6. – С. 26–31.

13. Пащенко, В.В. Методика интеграции с CAE-системами / В.В. Пащенко, А.В. Царьков, В.Н. Пащенко // XXVII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (MICMUS – 2015): труды конференции. – М.: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, 2015. – С. 104–108.

14. Применение программного комплекса Ansys Electronics для исследования электрических машин / М.А. Берлов, Р.Д. Каримов, А.С. Горбунов, А.А. Бакиров // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во «Печатный цех», 2023. – С. 85–89. EDN: XVLQSS

15. Рябихин, Е.А. Математическая модель для анализа стабильности скорости вращения электродвигателя постоянного тока / Е.А. Рябихин // Электроэнергетика. – 2009. – № 9. – С. 66–68. – EDN: KVTVIF.

16. Сафин, А.Р. Тяговые электродвигатели для электромобилей, не содержащие редкоземельных элементов / А.Р. Сафин, К.Б. Ранджан // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13, № 1(49). – С. 16–36. – EDN: UQEOTK.

17. Уразбахтин, Р.Р. Электродвигатели для современных и перспективных электромобилей / Р.Р. Уразбахтин, В. Е. Вавилов // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 9(26). – С. 399–403. – EDN: YMBXTN.

18. Чуйдук, И.А. Мотор-колесо на базе вентильного электродвигателя комбинированного возбуждения лучшее решение для гибридного и электротранспорта / И.А. Чуйдук, Д.С. Ганджа // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2023. – № 45. – С. 80–106. – DOI: 10.15593/2224-9397/2023.1.04. – EDN: NNNKEX.

19. Шестаков, А.В. Вентильные электродвигатели с постоянными магнитами в авиационном электроприводе: история разработки, перспективы применения, конструктивные особенности / А.В. Шестаков, М.А. Федорова // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): сб. статей. Всерос. ежегод. науч.-практ. конф., Киров, 01–29 апреля 2017 г. – Киров: Вятский гос. ун-т, 2017. – С. 2392–2405.

20. Полноприводные автомобили Урал-4320-31, -43206, -5323-21. Двигатель, шасси, кузов и дополнительное оборудование: учебное пособие / К.Н. Семендяев, А.А., Бердников В.И. Сухарев и др. – Челябинск: Типография ЧВВАКИУ, 2010.

УДК 35:004.8

О ПЕРЕДОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРАКТИКАХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА РЕГИОНАЛЬНОМ И МУНИЦИПАЛЬНОМ УРОВНЕ

Ю.В. Бочкарева

В статье анализируются передовые отечественные практики внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) на региональном и муниципальном уровне в Российской Федерации. Эмпирическую базу исследования составляют данные федерального портала «Цифровой регион» (около 350 верифицированных ИИ-решений из 55 субъектов РФ по состоянию на февраль 2026 г.). Рассмотрена отраслевая структура внедрения ИИ в регионах, выявлена существенная межрегиональная и технологическая дифференциация. Обоснована необходимость межрегионального тиражирования лучших практик применения ИИ, а также сформулированы рекомендации по дальнейшей политике пространственно-дифференцированной поддержки внедрения ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, региональное управление, муниципальное управление, цифровая трансформация, цифровой регион, лучшие практики, компьютерное зрение, обработка естественного языка, предиктивная аналитика, цифровое неравенство.

В ряду технологических драйверов цифровой трансформации государственного управления особое место занимает искусственный интеллект (ИИ). В мировой научной литературе [1–11] активно обсуждаются вопросы диффузии технологий ИИ в государственном управлении, однако российская специфика остается малоизученной. В настоящее время внедрение ИИ в деятельность органов государственной власти и местного самоуправления становится одним из ключевых приоритетов государственной политики Российской Федерации. Целью настоящего обзора является анализ передовых отечественных практик внедрения ИИ на региональном и муниципальном уровне. Актуальность данного исследования как с теоретической, так и с практической точки зрения обусловлена развитием технологий ИИ и потребностью регионов в ускоренном внедрении ИИ в условиях государственной политики цифровой трансформации, что определяет его научную новизну и практическую значимость.

В Российской Федерации вопросы развития и внедрения ИИ получили ярко выраженный стратегический приоритет в 2019 г., когда Указом Президента РФ № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской

Федерации» утверждена Национальная стратегию развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [12]. Документ определяет государственную политику в сфере ИИ, а также закрепляет базовое понятие искусственного интеллекта как «комплекса технологических решений, позволяющего имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека». В 2024 году в Стратегию внесены существенные изменения в части расширения понятийного аппарата, корректировки основных принципов, стратегических целей и задач развития ИИ, а также предусмотрение показателей, характеризующих их достижение [13, 14]. В рамках национального проекта «Экономика данных» [15] предусмотрена поддержка региональных ИИ-проектов посредством реализации федерального проекта «Искусственный интеллект». В целях систематизации и мониторинга внедрения ИИ на субнациональном уровне с 2025 года функционирует федеральный портал «Цифровой регион» [16]. Платформа выступает центральным репозиторием лучших региональных практик, инструментом сбора, верификации и учёта внедрённых сценариев на базе доверенных технологий ИИ, имеющих подтверждённый эффект, а также средством мониторинга достижения показателей региональных руководителей цифровой трансформации [17]. Оператором платформы выступает Центр развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации, осуществляющий верификацию размещаемых решений и их последующее тиражирование. Динамика наполнения портала свидетельствует о высокой интенсивности внедренческой активности в субъектах Российской Федерации. Как отмечает вице-премьер Дмитрий Григоренко, курирующий данное направление, масштабное внедрение ИИ в России требует активного включения регионов в этот процесс, и большинство из них уже применяет эти технологии. Количественные параметры платформы демонстрируют устойчивый рост: если в октябре 2025 года на портале насчитывалось 150 опубликованных практик из 26 регионов, то к февралю 2026 года число регионов-участников достигло 55, а количество верифицированных ИИ-решений составило около 350, реализующих более 430 уникальных сценариев применения технологий ИИ. Этот массив данных представляет собой наиболее полную на сегодняшний день эмпирическую основу для анализа региональной динамики в сфере ИИ. Анализ этих данных позволяет решить следующие исследовательские задачи: проанализировать лучшие практики с учетом достигнутых эффектов от внедрения и использования ИИ; выявить наиболее интеллектуализированные отрасли экономики, социальной сферы и государственного управления в рамках цифровой трансформации; определить наиболее востребованные технологии с учетом опыта регионов по их применению.

Анализ распределения практик по субъектам Российской Федерации выявляет существенную межрегиональную дифференциацию. Лидерами по количеству опубликованных и верифицированных ИИ-решений являются Московская область (24 решения), Сахалинская область (22 решения), Челябинская область (20 решений), Ямало-Ненецкий автономный округ (19 решений) и Новосибирская область (17 решений). Данная стратификация согласуется с результатами научных исследований, фиксирующих наличие устойчивого «цифрового разрыва» между регионами-лидерами и отстающими территориями. Это обусловлено наличием у передовых регионов таких ресурсов, как развитая ИТ-инфраструктура, квалифицированные кадры, поддержка регионального руководства, а остальные субъекты федерации, отстающие по данным критериям, находятся на начальных этапах внедрения ИИ. Данные Росстата, проанализированные ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, подтверждают эту дифференциацию: примерно каждая пятая организация, использующая ИИ-решения, расположена в Москве (10,7 %) и Московской области (7,8 %), ещё четверть пользователей ИИ сосредоточена в 11 субъектах РФ с городами-миллионерами, тогда как оставшиеся 56,1 % распределены по 73 регионам [18]. Так, например, в 2020 году существенное влияние на межрегиональный цифровой разрыв оказала пандемия [19]. Как отмечается в исследовании С.П. Земцова, посвященном проблематике цифрового неравенства, «интенсивность внедрения ИИ организациями заметно выросла в 2022 году, когда государство предложило ряд инструментов поддержки, но затем замедлилась в большинстве регионов из-за недостатка технических средств и компетенций, высокой стоимости трансформации» [20]. Автор обосновывает необходимость пространственно-дифференцированной политики: в продвинутых центрах (Москва, Санкт-Петербург, Новосибирская область, Татарстан) требуются стимулы для исследований и разработок, в промышленных регионах – поддержка автоматизации производств и переобучение сотрудников, в отстающих – повышение цифровой грамотности и доступности ИКТ. В этой связи задача тиражирования лучших практик регионов-лидеров приобретает особую актуальность. Как подчеркивается в официальных сообщениях, «учитывая высокую эффективность технологии, Правительство стимулирует регионы и ведомства внедрять ИИ в ключевые направления работы. Платформа «Цифровой регион» выполняет функцию «единого окна» для такого обмена, позволяя регионам, не обладающим достаточными ресурсами для самостоятельной разработки, внедрять типовые решения, созданные на федеральном уровне. Согласно исследованию трансформации региональных инновационных подсистем регионы РФ можно классифицировать на «поставщиков инноваций» и «получателей инноваций» на основе интегрального показателя инновационной активности [21]. Авторы предлагают комбинацию инструментов для эффективной трансформации региональной инновационной подсистемы: фискальные (субсидии, налого-

вые льготы, госзаказ), институциональные (развитие интеграционных процессов, нормативно-правовая база, программы инновационного развития), организационно-управленческие (совершенствование форм интеграции агентов инновационной среды, создание инновационной инфраструктуры) и маркетинговые инструменты (позиционирование территории как региона инновационного развития, PR-поддержка). Для регионов-«получателей» приоритетными являются фискальные инструменты, а по мере перехода в группу «поставщиков» подключаются институциональные, организационно-управленческие и маркетинговые механизмы.

Анализ представленных регионами данных о результатах внедрения ИИ позволяет говорить о наличии измеримых и значимых социально-экономических эффектов. Ключевыми категориями достигнутых эффектов от ИИ-решений являются: повышение скорости и качества предоставления государственных и муниципальных услуг, экономия бюджетных средств и снижение издержек, повышение уровня общественной безопасности. К.А. Слободчиков в исследовании многостороннего эффекта технологий ИИ для региональной экономики отмечает, что «искусственный интеллект постепенно трансформируется из узкотехнологического инструмента в системообразующий элемент территориального развития [22]. Аналогичные проблемы на муниципальном уровне выделяет Голубцов Н.А. [23], а правовые аспекты анализирует Ручий О.Р. [24]. Его внедрение способно не только оптимизировать отдельные процессы, но и сформировать новую парадигму управления, основанную на данных, прогнозировании и персонализации услуг». В качестве ключевых эффектов внедрения ИИ в государственные органы власти автор выделяет снижение издержек и рост удовлетворенности граждан. При этом определяются следующие барьеры для успешного внедрения: «дефицит инфраструктуры в малых городах, нехватка кадров, высокие затраты на масштабирование и пробелы в нормативной базе». Данные выводы находят эмпирическое подтверждение в анализе региональных практик: наиболее впечатляющие результаты демонстрируют регионы, обладающие как развитой ИТ-инфраструктурой, так и квалифицированными кадрами и политической волей руководства.

Отраслевая структура распределения ИИ-решений выглядит следующим образом: здравоохранение – 25 % (49 решений); государственное и муниципальное управление – 24 % (47 решений); безопасность – 16 % (23 решения); транспорт, ЖКХ и экология в совокупности – 23 %; иные отрасли (образование, социальная поддержка, сельское хозяйство) – 12 %. Такое распределение отражает приоритеты государственной политики в сфере цифровой трансформации и одновременно указывает на концентрацию внедренческих усилий в социально значимых и бюджетных сферах. Анализ отраслевой принадлежности представленных решений показывает выраженную концентрацию внедренческих усилий в определенных отраслей

в силу различных факторов и позволяет сделать следующие выводы в разрезе отраслей.

1. Согласно официальным данным, лидирующие позиции по применению ИИ занимает здравоохранение. Данная ситуация объясняется высокой социальной значимостью отрасли в сочетании с наличием устоявшихся и апробированных технологических решений, прежде всего в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений. Именно в здравоохранении достигается максимальный социальный эффект: раннее выявление онкологических и иных заболеваний напрямую влияет на продолжительность и качество жизни населения. Экономический эффект выражается в снижении затрат на лечение на поздних стадиях и оптимизации работы медицинского персонала.

2. Почти столь же значительная доля ИИ-решений принадлежит сфере государственного и муниципального управления. Драйвером внедрения здесь выступает стремление оптимизировать внутренние административные процессы, сократить время обработки документов и обращений граждан. В данной отрасли достигается наиболее быстрый и измеримый экономический эффект: автоматизация документооборота, внедрение голосовых роботов и систем автоматической регистрации нормативных правовых актов позволяют высвободить значительные кадровые ресурсы и сократить операционные издержки. Социальный эффект заключается в повышении скорости и качества предоставления государственных услуг, снижении административной нагрузки на граждан.

3. Третьей по масштабу внедрения ИИ отраслью является безопасность, фактором успешного использования ИИ в которой ключевую роль играет наличие разветвлённой инфраструктуры видеонаблюдения. Социальный эффект связан с повышением уровня общественной безопасности и снижением преступности: технологии распознавания лиц и автомобильных номеров способствуют раскрытию преступлений и профилактике правонарушений. Экономический эффект выражается в снижении ущерба от преступлений и оптимизации работы правоохранительных органов.

4. ИИ в дорожно-транспортной отрасли обеспечивает измеримый социальный эффект в виде сокращения времени нахождения граждан в пути и повышения безопасности дорожного движения: системы компьютерного зрения для мониторинга транспортных потоков и адаптивные светофоры.

5. ИИ в ЖКХ, несмотря на скромную долю, демонстрирует яркий экономический эффект на единицу внедрения: предиктивная аналитика позволяет прогнозировать аварийные отключения на сетях водоснабжения.

6. Остальные сферы, включая образование, социальную поддержку и сельское хозяйство, представлены в регионах единичными практиками.

В рамках настоящего исследования осуществлен анализ всех практик внедрения искусственного интеллекта на региональном и муниципальном уровне проведен в разрезе классификации технологий ИИ, критериально

определяющей принадлежность проекта к сфере ИИ. К технологиям искусственного интеллекта относятся следующие пять типов: компьютерное зрение – извлечение и анализ визуальной информации из изображений и видеопотоков (распознавание объектов, лиц, сцен, событий); обработка естественного языка (взаимодействие компьютеров с человеческим языком – анализ тональности текстов, машинный перевод, извлечение информации из документов); распознавание и синтез речи – преобразование устной речи в текст и обратно (голосовые роботы, речевые помощники, идентификация диктора); интеллектуальная поддержка принятия решений – анализ данных и выработка рекомендаций (экспертные системы, предиктивная аналитика, рекомендательные системы); перспективные методы искусственного интеллекта – передовые технологии, не получившие массового распространения (генеративные нейросети, глубокое обучение с подкреплением, объяснимый ИИ) [25, 26]. В результате анализа выявлены наиболее технологически развитые направления внедрения искусственного интеллекта, а также идентифицировать области, в которых потенциал применения соответствующих технологий на текущем этапе раскрыт в недостаточной степени.

1. С точки зрения используемых технологий наблюдается явное доминирование компьютерного зрения. Подавляющее большинство практик в здравоохранении (анализ рентгеновских снимков, компьютерных томограмм, маммографий), в безопасности (распознавание лиц и номеров), на транспорте (фиксация нарушений, мониторинг дорожного движения) и в ЖКХ (контроль заполняемости контейнеров, качества питания в социальных учреждениях) построено именно на технологиях компьютерного зрения. Это объясняется относительной зрелостью данных технологий, наличием доступных аппаратных решений (камер видеонаблюдения) и понятными, измеримыми результатами их применения. Согласно данным опроса, проведённого ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, обработка визуальных данных является наиболее распространённым видом ИИ-технологий в России – 66,3 % организаций-пользователей ИИ задействуют именно компьютерное зрение, причём эта технология активно применяется компаниями в 76 регионах страны [18].

2. Значительно реже, но все же активно используются технологии обработки естественного языка и распознавания синтеза речи. Они находят применение преимущественно в сфере государственного управления – в виде голосовых роботов для обработки звонков граждан, чат-ботов для ответов на типовые запросы, систем автоматической классификации обращений и документов. Вместе с тем, исследования подтверждают наличие определенных проблем и ограничений во внедрении и применении ИИ в этой отрасли [27]. В здравоохранении речевые технологии используются для снижения бюрократической нагрузки на врачей – голосового заполнения медицинских карт и историй болезни.

3. Машинное обучение в его классическом понимании – как инструмент предиктивной аналитики – используется пока достаточно ограниченно. Наиболее продвинутые примеры относятся к сфере ЖКХ, где Белгородская область внедрила систему прогнозирования аварийных отключений водоснабжения, а также к здравоохранению, где Тюменская область использует алгоритмы для оценки рисков сердечно-сосудистых заболеваний на основе анализа электронных медицинских карт.

4. Наконец, технологии генеративного искусственного интеллекта и больших языковых моделей находятся в регионах на начальной стадии внедрения. Они представлены единичными пилотными проектами – например, созданием виртуальных юридических ассистентов для государственных служащих или генерацией текстов и изображений. Массового распространения эти технологии пока не получили, что связано как с их новизной, так и с отсутствием утвержденных методик и требований к их использованию в государственном секторе.

Таким образом, проведенный анализ практик внедрения искусственного интеллекта на региональном и муниципальном уровне позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Россия и мир находятся на этапе, когда ИИ-решения перестают быть единичными экспериментами и становятся частью повседневной управленческой практики. Формируется тренд на переход от точечных, разрозненных пилотов к системной ИИ-трансформации целых отраслей или даже всего государственного аппарата. Стремительное развитие технологий опережает формирование нормативно-правовой базы и методического обеспечения. Требуется разработка типовых подходов к внедрению ИИ на региональном и муниципальном уровнях с учётом лучшего отечественного и зарубежного опыта. В условиях санкционного давления особую актуальность приобретает задача по развитию отечественного программного обеспечения с применением доверенных технологий ИИ в целях обеспечению технологического суверенитета.

2. Федеральный портал «Цифровой регион» зарекомендовал себя как эффективный инструмент сбора, верификации и тиражирования лучших практик внедрения ИИ в субъектах Российской Федерации. Динамика его наполнения (рост с 150 до 350 решений за четыре месяца) свидетельствует о высокой активности регионов и востребованности механизмов межрегионального обмена опытом. Представленные на портале кейсы демонстрируют измеримые социально-экономические эффекты от внедрения ИИ: снижение времени в пробках, сокращение числа ДТП и аварий на коммунальных сетях, экономия бюджетных средств, повышение раскрываемости преступлений, снижение административной нагрузки на государственных и муниципальных служащих. Эти данные опровергают возможные сомнения в практической ценности ИИ и формируют основу для исследований,

направленных на развитие подходов к оценке эффективности использования технологий ИИ.

3. В процессе ускоренного внедрения ИИ на государственном уровне возникает риск региональной дифференциации. Несколько регионов-лидеров, обладающих развитой ИТ-инфраструктурой, квалифицированными кадрами и политической волей руководства, демонстрируют прорывные результаты, в то время как значительная часть субъектов федерации находится на начальном этапе внедрения. Задача заключается в тиражировании лучших практик регионов-лидеров на остальную территорию страны. Выявление факторов успеха и механизмов тиражирования лучших практик становится насущной научно-практической задачей. Научное осмысление региональных практик внедрения ИИ находится на начальном этапе. Как отмечают исследователи, требуется активизация работ по выявлению моделей пространственной диффузии ИИ-инноваций между регионами, оценке интенсивности межрегионального информационного обмена и разработке эффективных методик оценки и прогнозирования эффектов от внедрения ИИ с учетом территориальной специфики [19].

4. Выявленная отраслевая концентрация (три отрасли аккумулируют почти две трети всех внедрённых в регионах ИИ-решений) и региональная дифференциация (пять регионов-лидеров аккумулируют значительную часть практик) подтверждают наличие «цифрового разрыва» и необходимость выработки политики поддержки внедрения ИИ. Отрасли, где внедрение ИИ осуществляется масштабно и выходит на системный уровень, отражают приоритеты региональной политики и одновременно указывают на потенциал для распространения накопленного опыта на другие отрасли, где число практик пока незначительно. Данный вывод согласуется с результатами анализа пространственной дифференциации инновационного потенциала регионов, проведённого С.П. Земцовым, который отмечает, что «интенсивность внедрения ИИ организациями заметно выросла в 2022 году, но затем замедлилась в большинстве регионов из-за недостатка технических средств и компетенций, высокой стоимости трансформации». В числе ключевых барьеров для дальнейшего распространения ИИ называются «дефицит инфраструктуры в малых городах, нехватка кадров, высокие затраты на масштабирование и пробелы в нормативной базе». Промышленность, образование и сельское хозяйство, обладающие значительным потенциалом, на текущем этапе остаются недостаточно охваченными, что открывает перспективы для дальнейших исследований и управленческих решений. Вместе с тем данный вывод подтверждает, что в отечественных работах используемые алгоритмы ИИ «менее разнообразны, чем у стран-конкурентов» и подтверждает необходимость активизации научных исследований, посвященных «определению моделей пространственной диффузии инноваций по искусственному интеллекту среди российских регионов» [28]. Это во многом объясняет эффективность подхода к тиражи-

рованию ИИ-решений путем межсубъектного трансфера технологий, что позволяет регионам повышать цифровую зрелость благодаря обмену опытом и доверенными технологиями ИИ [29, 30].

5. Технологическая структура внедрения характеризуется доминированием компьютерного зрения, что отражает как зрелость данных технологий, так и наличие развернутой инфраструктуры видеонаблюдения в регионах-лидерах. Именно эта технология лежит в основе подавляющего большинства успешных кейсов – от диагностики заболеваний по медицинским снимкам до распознавания нарушений правил дорожного движения и контроля общественной безопасности. В то же время сохраняется значительный потенциал для развития технологий обработки естественного языка, предиктивной аналитики и генеративного искусственного интеллекта, которые на текущем этапе представлены в существенно меньшей степени, находя применение преимущественно в сфере государственного управления. Машинное обучение в формате предиктивной аналитики и тем более генеративные нейросети пока используются ограниченно, что открывает перспективы для их развития в целях дальнейшего внедрения в отрасли экономики, социальной сферы и государственного управления регионами.

Библиографический список

1. Ahn, M.J., Chen, Y.C. Digital Transformation toward AI-Augmented Public Administration: The Perception of Government Employees and the Willingness to Use AI in Government // Government Information Quarterly. – 2021. – Vol. 38. – No 2.

2. Chen, Y., Zhang, L. Bridging Governance and Technology: Key Determinants of AI Adoption in Public Administration // Chinese Political Science Review. – 2025.

3. Liu, J., et al. Configurational Pathways to Smart City AI Adoption: Evidence from Local Governments in Australia, Hong Kong, Saudi Arabia, Spain, and the United States // Cities. – 2026. – Vol. 175. – 107117.

4. Mariyanova, N., Todorov, T. An Attempt to Assess the Impact of AI as a Modern Tool for Regional Policy in the Process of Innovative and Economic Development of European Regions // Smart Cities. – 2025. – Vol. 8. – No 6. – P. 210.

5. Neumann, O., et al. The Diffusion of AI Adoption in the Public Sector: A Systematic Literature Review // Public Administration Review. – 2022. – Vol. 82. – No 6. – P. 1123–1138.

6. OECD. Seizing the Full Potential of AI: The Local Factor. – Paris: OECD Publishing, 2026. – URL: https://www.oecd.org/en/about/projects/seizing-the-full-potential-of-ai-the-local-factor.html.

7. RAND Corporation. Governing at the Speed of Change: An AI-Enabled Adaptive Framework for Complex Challenges. – Santa Monica: RAND, 2025. – URL: https://www.rand.org/.

8. Tangi, L., et al. Artificial Intelligence in Public Services: A Systematic Literature Review // Government Information Quarterly. – 2025. – Vol. 42. – No 1.

9. Van Noordt, C., Misuraca, G. Artificial Intelligence for the Public Sector: Results of a Scoping Review of the Scientific Literature // Information Polity. – 2022. – Vol. 27. – No 3. – P. 341–359.

10. World Governments Summit. Adoption of AI in Local Governments: Harnessing AI for Strategic and Operational Excellence in Local Governments. – Dubai: WGS Publishing, 2026. – URL: https://www.worldgovernmentssummit.org/.

11. Yigitcanlar, T., et al. Governing Urban AI from the Frontline: A Stage-Gate Framework for Municipal Algorithmic Decision-Making // Smart Cities. – 2026. – Vol. 9. – No 5. – P. 81.

12. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (в ред. Указа Президента РФ от 15 февраля 2024 г. № 124) // Собрание законодательства РФ. – 2019. – № 41. – Ст. 5700.

13. ГОСТ Р 71136-2023 «Национальные цели развития, национальные проекты (программы) и государственные программы Российской Федерации. Методики расчета показателей. Общие положения и требования к применяемым при расчетах данным». – М.: Росстандарт, 2023.

14. Указ Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Собрание законодательства РФ. – 2024. – № 19. – Ст. 2501.

15. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (паспорт проекта, утверждённый протоколом заседания Президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 28.12.2024 № 31). – М., 2024.

16. Портал «Цифровой регион» – официальная платформа сбора и тиражирования практик внедрения искусственного интеллекта в субъектах Российской Федерации / Центр развития ИИ при Правительстве РФ. URL: https://digital.mosreg.ru (дата обращения: 01.03.2026).

17. Методика расчёта показателя «Количество внедрённых сценариев использования доверенного искусственного интеллекта на базе региональных или федеральных решений и сервисов». – М.: Минцифры России, 2025.

18. Абашкин В.Л., Зинина Т.С., Сахно М.В. Распространение искусственного интеллекта в регионах [Электронный ресурс] / НИУ «Высшая школа экономики», Институт статистических исследований и экономики знаний. – 2025. – 21 окт. – URL: https://issek.hse.ru/news/1094832000.html (дата обращения: 15.02.2026).

19. Земцов С.П., Демидова К.В., Кичаев Д.Ю. Распространение Интернета и межрегиональное цифровое неравенство в России: тенденции, факторы и влияние пандемии // Балтийский регион. – 2022. – Т. 14. – № 4. – С. 57–78.

20. Земцов С.П. Цифровое неравенство и региональное развитие в России в условиях распространения технологий искусственного интеллекта // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2025. – № 2 (67). – С. 225–233.

21. Земцов С., Баринова В. Смена парадигмы региональной инновационной политики в России: от выравнивания к «умной специализации» // Вопросы экономики. – 2016. – № 10. – С. 65–81.

22. Слободчиков К.А. Многосторонний эффект технологий искусственного интеллекта для региональной экономики: от бизнеса до госсектора // Финансы и управление. – 2025. – № 4. – С. 54-72.

23. Голубцов Н.А. Внедрение искусственного интеллекта муниципальными органами власти: проблемы и пути решения // Молодой учёный. – 2025. – № 23 (574). – С. 163–165.

24. Ручий О.Р. Искусственный интеллект в государственном и муниципальном управлении: правовые требования к алгоритмической прозрачности и подотчётности // Молодой учёный. – 2025. – № 52 (603). – С. 292–294.

25. Классификация технологий искусственного интеллекта / Министерство экономического развития Российской Федерации. – М., 2024.

26. Приказ Минэкономразвития России от 29 июня 2021 г. № 392 «Об утверждении критериев определения принадлежности проектов к проектам в сфере искусственного интеллекта»

27. Кабанова Е.Е. Искусственный интеллект в государственном управлении: ключевые проблемы и перспективы применения // Российский журнал менеджмента. – 2025. – № 2. – С. 1–14.

28. Блануца В.И. Региональные экономические исследования с использованием алгоритмов искусственного интеллекта: современное состояние и перспективы // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2020. – Т. 26. – № 8. – С. 100–111.

29. Аналитический отчет по искусственному интеллекту в умном городе [Электронный ресурс] / АНО «Цифровая экономика». – 2023. – 28 сент. – URL: https://d-economy.ru/research/ (дата обращения: 10.03.2026).

30. Государственная автоматизированная система «Управление» (ГАСУ) – данные о цифровой зрелости регионов. – URL: https://gasu.gov.ru (дата обращения: 10.03.2026).

УДК 004.8:005.7

ИИ-АССИСТЕНТЫ И ВСТРОЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ПОМОЩНИКИ В УПРАВЛЕНИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ

О.В. Логиновский, С.А. Браженко

В статье рассматривается место ИИ-ассистентов и встроенных цифровых помощников в управлении бизнес-процессами. Актуальность темы определяется тем, что классические подходы к управлению бизнес-процессами хорошо поддерживают формализованные транзакционные действия, но хуже охватывают текстоемкие, контекстно-зависимые и слабоструктурированные операции, характерные для документооборота, сервисных функций и управленческой аналитики. Цель статьи – опреде-

лить, при каких условиях встроенный цифровой помощник может рассматриваться как инструмент интеллектуальной поддержки бизнес-процесса, а не как внешний диалоговый интерфейс поверх корпоративной информационной системы. Метод исследования – аналитический обзор профильной литературы по управлению бизнес-процессами и большим языковым моделям, работ по управлению промышленными предприятиями и организационно-производственными структурами, а также официальных архитектурных материалов по корпоративным системам встроенной цифровой поддержки. Обосновывается, что процессный эффект встроенного помощника возникает не из факта генерации текста как такового, а из сочетания четырех факторов: привязки модели к объектам процесса и корпоративным данным, учета роли пользователя, сохранения человека в контуре валидации и оценки результата через ключевые показатели эффективности процесса. Показано, что наибольшую ценность встроенный помощник дает в повторяемых сценариях с большим объемом текстовой информации, тогда как при слабом качестве данных и неясном распределении ответственности он способен масштабировать уже существующие организационные проблемы.

Ключевые слова: ИИ-ассистенты, встроенные цифровые помощники, бизнес-процессы, управление бизнес-процессами, генеративный искусственный интеллект, корпоративные данные, процессно-ориентированные системы, контур управления.

Актуальность генеративного искусственного интеллекта усилило интерес к использованию языковых моделей не только как универсальных диалоговых систем, но и как встроенных средств поддержки работы в корпоративных приложениях. Для управления бизнес-процессами это особенно значимо, поскольку в современных организациях существенная часть процесса проходит не только через транзакции и маршруты согласования, но и через анализ документов, интерпретацию правил, поиск контекста, подготовку черновиков решений и объяснение отклонений [1, 2]. Проблема заключается не только в автоматизации формализованных действий, но и в поддержке слабоструктурированной интеллектуальной работы внутри процесса. В отечественных исследованиях управления промышленными предприятиями и организационно-производственными структурами также подчеркивается, что устойчивый управленческий эффект формируется при согласовании стратегии, механизмов, систем и распределения функций, а не за счет изолированного внедрения отдельного инструмента.

В профильной литературе по управлению бизнес-процессами это изменение описывается как переход от транзакционного и жестко заданного процессного контура к более диалоговому, контекстному и интеллектуально насыщенному режиму работы. Однако само появление интерфейса встроенного помощника еще не означает улучшения процесса. Если модель не связана с объектами процесса, ролевой структурой, правами дос-

тупа и актуальными данными организации, то она остается внешним диалоговым инструментом и не создает устойчивого управленческого эффекта [3–6]. Отсюда возникает исследовательский вопрос: при каких условиях встроенного помощника следует рассматривать как процессно-ориентированный инструмент управления бизнес-процессами, а не как удобный, но поверхностный интерфейсный слой?

1. ИИ-ассистент и встроенный цифровой помощник как разные формы интеллектуальной поддержки процесса

В прикладной литературе и практике поставщиков решений термины ИИ-ассистент и встроенный цифровой помощник нередко употребляются как взаимозаменяемые, однако для управления бизнес-процессами такое методологически некорректно.

ИИ-ассистент в широком смысле представляет собой систему, которая отвечает на вопросы на естественном языке, извлекает и суммирует информацию, готовит черновики документов и предлагает варианты формулировок. Его основная функция состоит в снижении трудоемкости отдельных интеллектуальных операций пользователя [4, 7].

Такой ассистент может быть полезен, но он не обязательно знает, на каком шаге процесса находится сотрудник, какие артефакты связаны с задачей и какие ограничения задаются ролевой моделью организации.

Встроенный цифровой помощник отличается более глубокой контекстной и архитектурной встроенностью. Он должен, работать в конкретном приложении или наборе приложений, учитывать роль пользователя и объекты процесса, получать доступ только к тем данным, которые разрешены действующими политиками доступа, и предлагать не абстрактный ответ, а следующее релевантное действие, черновик решения или объяснение состояния процесса [5]. Поэтому в управлении бизнес-процессами встроенного помощника целесообразно понимать как процессно-ориентированный интеллектуальный интерфейс, связывающий языковую модель с задачами, документами, сообщениями, регламентами и другими артефактами процесса.

Такое различие соответствует и более общему сдвигу в развитии управления бизнес-процессами. Чем больше система начинает оперировать естественным языком, исключениями и вариантами решений, тем выше требования к прозрачности источников данных, к контролю полномочий и к объяснимости предлагаемых действий.

Для контекста управления бизнес-процессами принципиально важно и то, что универсальная большая языковая модель сама по себе обычно не является процессно-ориентированной системой. Исследования по моделированию процессов с применением больших языковых моделей показывают, что даже при решении задач моделирования и интерпретации процессов модели требуют специальной настройки контекста, ограничений генерации и механизмов валидации [2]. Аналогичный вывод следует из кон-

цепции BPLLM: чтобы языковая модель была полезна в бизнес-процессах, она должна быть связана с процессными представлениями, доменными знаниями и правилами использования, а не работать как изолированный диалоговый модуль [3]. Следовательно, встроенный помощник в управлении бизнес-процессами – это не просто диалоговый слой над корпоративными данными, а управляемый слой интеллектуальной поддержки внутри процессной архитектуры.

2. Механизм процессного эффекта и основные сценарии применения

Процессный эффект встроенного помощника возникает не из факта генерации текста, а из уменьшения издержек на восстановление контекста и подготовку промежуточного решения. В типовом сценарии встроенный помощник получает доступ к релевантным данным процесса, извлекает нужный контекст, формирует черновик действия или краткую сводку, после чего человек подтверждает, корректирует или отклоняет результат.

Только после этого решение становится частью исполнения процесса. Иными словами, ценность встроенного помощника создается цепочкой «контекст – интерпретация – черновик – валидация – исполнение – измерение ключевых показателей эффективности», а не одной лишь генерацией ответа [3–6].

Место встроенного помощника в жизненном цикле процесса представлено на рис. 1.

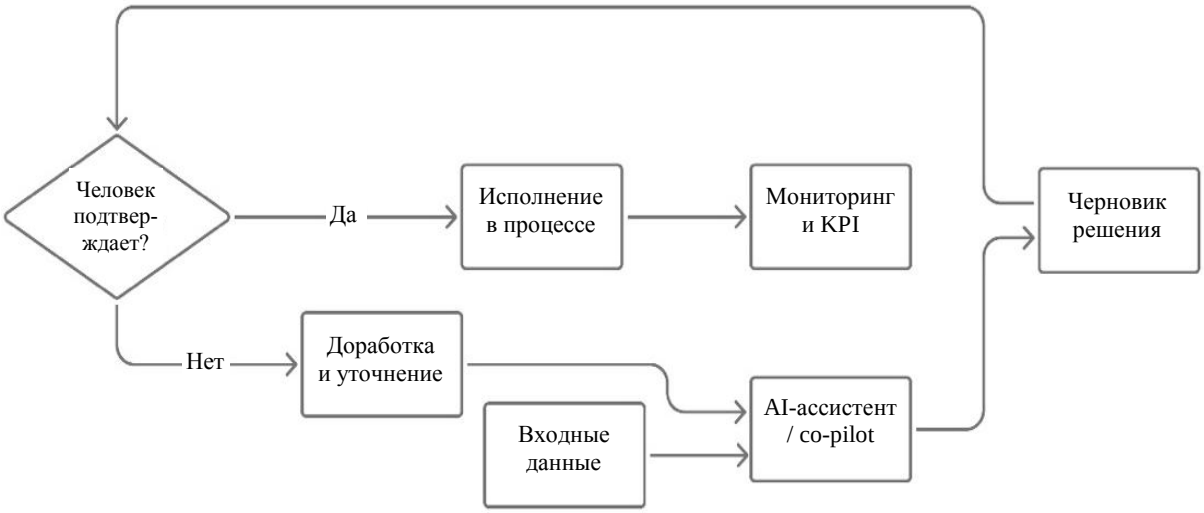


Рис. 1. Место встроенного помощника в жизненном цикле бизнес-процесса

Наиболее устойчивый эффект наблюдается в тех зонах, где одновременно присутствуют повторяемость, текстоемкость, зависимость от корпоративного контекста и необходимость быстро подготовить предварительное решение.

Визуальное сопоставление основных сценариев применения встроенных помощников и соответствующих показателей представлено на рис. 2.

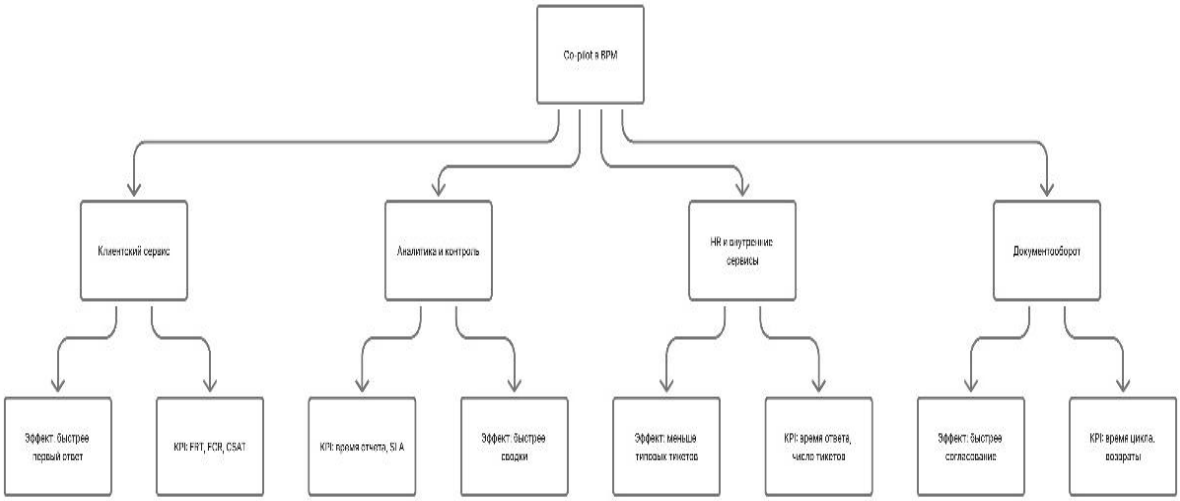


Рис. 2. Основные сценарии применения встроенных помощников и соответствующие показатели

Встроенный помощник меняет не только исполнение, но и описание процесса. Работы по моделированию процессов с применением больших языковых моделей показывают, что языковые модели способны поддерживать задачи интерпретации текстовых описаний, извлечения шагов процесса и преобразования неструктурированного материала в более формальные представления, хотя и при обязательной проверке результата экспертом [3].

Поэтому подход со встроенным помощником может быть полезен не только на стадии исполнения, но и на стадиях анализа, документирования и улучшения процессов, как показано в таблице.

Таблица

Сценарии применения встроенного помощника в управлении бизнес-процессами и условия их результативности

Сценарий	Контекст, к которому обращается модель	Основная функция встроенного помощника	Точка контроля человека	Ключевые показатели и риск
1	2	3	4	5
Документооборот и согласование	Документы, резолюции, регламенты, история согласования	Извлечение реквизитов, проверка комплектности, подготовка черновика ответа	Утверждение текста и правомерности решения	Время цикла, доля возвратов; риск – ошибочный или юридически некорректный черновик

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Клиентский сервис и внутренние сервисы	Карточка обращения, база знаний, политика обслуживания, история коммуникации	Сжатие истории, поиск релевантного правила, подготовка проекта ответа	Проверка обещаний клиенту и соответствия политике	Скорость ответа, решение при первом обращении, удовлетворенность; риск – галлюцинация и неверное обещание
Кадровые и нормативные запросы	Политики, положения, шаблоны, ролевые ограничения	Быстрая интерпретация правил и подготовка типового ответа	Проверка на актуальность локального нормативного акта	Время ответа, доля эскалаций; риск – неверная интерпретация внутренней политики
Аналитика и управленческий контроль	Статусы задач, нормативы уровня сервиса, отчеты, события процесса	Подготовка сводки, объяснение отклонений, выделение узких мест	Подтверждение интерпретации данных руководителем или аналитиком	Время подготовки отчета, соблюдение нормативов уровня сервиса; риск – ложная причинная интерпретация

Из таблицы видно, что ни один сценарий не является полностью автономным. Во всех случаях встроенный помощник работает как средство интеллектуального усиления человека, а не как самостоятельный носитель ответственности. Следовательно, вопрос о внедрении встроенного помощника в управление бизнес-процессами должен ставиться не как вопрос о «замене сотрудника», а как вопрос о перераспределении когнитивной нагрузки, сокращении времени подготовки решения и повышении качества доступа к контексту процесса [6].

3. Ограничения, риски и условия успешного внедрения

Для научно корректного анализа недостаточно перечислить ожидаемые эффекты; необходимо отделить разные типы рисков. Во-первых, существуют модельные риски: галлюцинации, чрезмерная уверенность в формулировках, нестабильность ответа и зависимость результата от способа постановки запроса. Во-вторых, существуют риски данных: устаревшие документы, неполное поисковое извлечение, конфликтующие версии регламентов, выход за пределы допустимых прав доступа. В-третьих, существуют организационно-процессные риски: автоматизационное смещение ответственности, снижение критичности восприятия у сотрудников и попытка внедрить встроенного помощника в плохо описанный процесс без ясных правил эскалации [6].

В официальных и нормативных подходах к управлению рисками генеративного искусственного интеллекта подчеркивается, что ключевая зада-

ча состоит не только в контроле точности модели, но и в настройке контура управления вокруг нее [5]. Для управления бизнес-процессами это означает необходимость разграничения доступа по ролям, журналирования обращений модели к корпоративным данным, ограничения степени автономии, обязательной проверки результатов на юридически, финансово и организационно значимых шагах, а также регулярной оценки качества ответов на типовых сценариях. Особенно важно, чтобы модель не нарушала существующую структуру полномочий и не подменяла собой формальные контрольные точки процесса. С этой точки зрения встроенный помощник должен встраиваться в уже определенную систему управления и контур ответственности предприятия, поскольку без согласования со структурой функций и механизмами координации цифровой инструмент не формирует устойчивого организационного результата [8, 9].

Отсюда следуют и условия успешного внедрения. Начинать с узкого, частого и измеримого процесса, где есть достаточный объем исторических данных и понятные ключевые показатели эффективности.

Встроенный помощник должен быть связан с корпоративным контекстом через управляемые механизмы доступа и поискового извлечения, а не опираться только на универсальные знания базовой модели [3–5]. Организация должна заранее определить, какие решения модель может лишь предлагать, а какие действия могут быть автоматизированы без существенного риска. Оценка эффекта должна проводиться по процессным метрикам – времени цикла, доле возвратов, скорости первого ответа, времени подготовки отчета, количеству ручных доработок, – а не по субъективному впечатлению от удобства интерфейса [1, 6].

Следовательно, встроенный помощник дает положительный результат только в связке «данные – права доступа – процессная логика – контроль человека – измерение результата». Если один из этих элементов отсутствует, модель может упростить коммуникацию на уровне интерфейса, но не улучшить сам процесс. Более того, в организации с неустойчивыми регламентами и противоречивыми источниками данных встроенный помощник способен быстро масштабировать уже существующие ошибки. Поэтому в управлении бизнес-процессами он должен рассматриваться как объект не только технологического, но и организационно-архитектурного проектирования [1, 3, 5, 6].

Заключение

Проведенный анализ показывает, что ИИ-ассистенты и встроенные цифровые помощники действительно открывают для управления бизнес-процессами новые возможности, однако их значение состоит не в простой генерации текста и не в формальной замене пользователя диалоговым интерфейсом. Для процессного управления принципиально важно различать внешний ИИ-ассистент и процессно-ориентированный встроенный по-

мощник, встроенный в рабочий контекст, ролевую модель и корпоративные данные.

Наиболее существенный вывод заключается в том, что практическая ценность встроенного помощника определяется не универсальными свойствами большой языковой модели как таковой, а архитектурой ее применения. Эффект возникает тогда, когда модель получает релевантный контекст процесса, работает в пределах допустимых полномочий, формирует лишь предварительное решение и оценивается через измеримые показатели процесса. Следовательно, встроенный помощник в управлении бизнес-процессами следует рассматривать как инструмент интеллектуального усиления процесса, а не как автономную замену процессного управления. В этом смысле внедрение встроенного помощника является одновременно технологической, методической и организационной задачей, требующей увязки цифрового инструмента со стратегией, механизмами и системой управления предприятия [8, 9].

Библиографический список

1. Rosemann, M. Business process management in the age of AI: three essential drifts / M. Rosemann, J. vom Brocke, A. Van Looy, F. Santoro // Information Systems and e-Business Management. 2024. Т. 22, № 3. С. 415–429. DOI: 10.1007/s10257-024-00689-9.

2. Kourani, H. Process Modeling with Large Language Models / H. Kourani, A. Berti, D. Schuster, W. M. P. van der Aalst // Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling: BPMDS 2024, EMMSAD 2024. Lecture Notes in Business Information Processing. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. Т. 511. С. 229–244. DOI: 10.1007/978-3-031-61007-3_18.

3. Bernardi, M. L. Conversing with business process-aware large language models: the BPLLM framework / M. L. Bernardi, A. Casciani, M. Cimitile, A. Marrella // Journal of Intelligent Information Systems. 2024. Т. 62, № 6. С. 1607–1629. DOI: 10.1007/s10844-024-00898-1.

4. Microsoft. What is Microsoft 365 Copilot? [Электронный ресурс]. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-365-copilot/microsoft-365-copilot-overview (дата обращения: 20.04.2026).

5. Microsoft. How does Microsoft 365 Copilot work? [Электронный ресурс]. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-365-copilot/microsoft-365-copilot-architecture (дата обращения: 20.04.2026).

6. Autio, C. Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile / C. Autio, R. Schwartz, J. Dunietz [et al.]. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2024. DOI: 10.6028/NIST.AI.600-1.

7. Kampik, T. Large Process Models: Business Process Management in the Age of Generative AI [Электронный ресурс] / T. Kampik, C. Marquez-Chamorro, B. Weber, M. Weidlich. URL: https://arxiv.org/abs/2309.00900 (дата обращения: 20.04.2026).

8. Управление промышленными предприятиями: стратегии, механизмы, системы: монография / О.В. Логиновский, В.Н. Бурков, И.В. Буркова [и др.]; под ред. О.В. Логиновского, А. А. Максимова. М.: Инфра-М, 2018. 410 с.

9. Эффективное управление организационными и производственными структурами: монография / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, О.И. Дранко [и др.]; под ред. О.В. Логиновского. М.: Инфра-М, 2020. 450 с.

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГРАФИТСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ КОСВЕННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

О.В. Логиновский, И.К. Гордеев

Рассмотрена проблема повышения эффективности контроля качества графитсодержащих огнеупорных изделий в условиях гетерогенного парка гидравлических прессов Laeis HPF на предприятии ПАО «Комбинат Магнезит». Предложена четырехуровневая архитектура мультиагентной системы, использующей косвенные диагностические признаки (давление прессования, положение пуансона, вакуум, температура), передаваемые через шлюз Anybus X-gateway по протоколу Modbus TCP в заводскую базу данных «Магнезиус портал». Архитектура предусматривает распределенную обработку данных агентами сбора, предобработки, диагностики и координации, что позволяет преодолеть инфраструктурные ограничения каналов связи и адаптироваться к разнородному программному обеспечению прессов различных поколений (Protool, WinCC, TIA Portal). Практическая значимость работы заключается в создании основы для перехода от выборочного разрушающего контроля к непрерывному прогнозированию качества каждого изделия.

Ключевые слова: мультиагентная система, контроль качества, графитсодержащие огнеупоры, пресс Laeis HPF, косвенные диагностические признаки, Modbus TCP, Anybus X-gateway, цифровой двойник, ООО «Группа Магнезит».

Актуальность

Графитсодержащие огнеупорные изделия являются критически важными компонентами металлургического производства, определяющими надежность и длительность эксплуатации тепловых агрегатов. Качество таких изделий закладывается на этапе прессования на гидравлических прессах, где формируются плотность, пористость и структурная однородность

сырца. На ПАО «Комбинат Магнезит» для этих целей используется парк прессов Laeis HPF, реализующих принцип двойного давления с активной пресс-формой [1]. Данная технология, признанная современным стандартом в огнеупорной промышленности, обеспечивает оптимальное уплотнение и равномерное распределение плотности по всему объему изделия за счет синхронизированного движения осей и высокоточного электрического и гидравлического управления.

Традиционный контроль качества огнеупоров является выборочным и разрушающим, что ведет к значительным потерям дорогостоящего сырья и не позволяет гарантировать качество каждого изделия в партии. Существующие методы неразрушающего контроля, в частности акустические и ультразвуковые, разработанные в трудах И.Б. Московенко и других исследователей, доказали свою эффективность для оценки физико-механических свойств огнеупорных материалов [2]. В частности, ультразвуковой импульсный метод, стандартизированный в ГОСТ 24830-81, позволяет определять качество изделий через скорость распространения ультразвука[3]. Однако данные методы не интегрированы непосредственно в технологический процесс прессования и не используют в реальном времени информацию, доступную на современных прессах.

Парк прессов на предприятии гетерогенен и включает оборудование трех поколений: 3-го поколения с ПО Protool и релейной системой безопасности, 4-го поколения с ПО WinCC и выделенным контроллером безопасности PNOZ на базе модулей ET200S, а так же пресса 5-го поколения на платформе TIA Portal с модулями безопасности в общем крейте, сервоприводами пропорциональных клапанов и улучшенной математикой позиционирования. Прессы оснащены датчиками давления гидросистемы, положения пуансона, вакуума и температуры. Данные с контроллеров прессов по шине Profibus поступают на коммуникационный шлюз Anybus X-gateway, который преобразует их в протокол Modbus TCP и передает в заводскую базу данных «Магнезиус портал» [4]. Критическим ограничением является пропускная способность шлюза: максимальный объем передаваемых данных составляет 512 байт в каждом направлении, что соответствует примерно 32 переменным. Это делает невозможной передачу полного объема сырых данных в реальном времени и требует разработки интеллектуальной системы отбора и предварительной обработки информации непосредственно на уровне прессов.

Целью настоящей работы является разработка архитектуры мультиагентной системы (МАС), которая, используя ограниченный набор косвенных диагностических признаков, позволит прогнозировать качество изделия без разрушающего контроля и создаст информационный фундамент для построения цифрового двойника процесса прессования.

Архитектура мультиагентной системы контроля качества

Выбор мультиагентного подхода обоснован несколькими факторами. Во-первых, распределенный характер производства требует децентрализованной обработки данных. Во-вторых, гетерогенность парка оборудования (разные поколения прессов с различным ПО) делает невозможным применение унифицированного централизованного решения. В-третьих, инфраструктурное ограничение пропускной способности канала Anybus диктует необходимость локальной предобработки данных с передачей наверх только агрегированной информации. Мультиагентные системы уже доказали свою эффективность для интеграции контроля процессов и качества в производственных средах. В частности, европейский проект GRACE (FP7) реализовал кооперативную МАС, объединяющую управление процессами и контроль качества на всех этапах производственной системы, что позволило повысить эффективность производства и сократить количество несоответствий [5]. Проект GO0D MAN (H2020) развил эту концепцию, предложив распределенную архитектуру на основе киберфизических систем и интеллектуальных инструментов контроля для достижения «нулевого брака» в многостадийном производстве [6]. МАС-инфраструктура в сочетании с оперативными средствами контроля и аналитикой данных позволяет выявлять дефекты на ранних стадиях и адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Уровень 1 – Сенсорные агенты (SA)

Каждый пресс обслуживается индивидуальным сенсорным агентом, который опрашивает Modbus-регистры шлюза Anybus и считывает текущие значения косвенных диагностических признаков: давление гидросистемы, положение пуансона (ход, скорость, синхронность осей), уровень вакуума и температуру. Ключевой функцией сенсорного агента является унификация данных, поступающих с прессов разных поколений (Protool, WinCC, TIA Portal), в единый внутренний формат. Агент работает в циклическом режиме, передавая структурированный «цифровой портрет» каждого цикла прессования на следующий уровень.

Уровень 2 – Агенты предобработки (PA)

На данном уровне осуществляется фильтрация шумов и расчет производных признаков, которые не могут быть получены напрямую из-за ограничений шлюза Anybus. К таким признакам относятся скорость нарастания давления (dP/dt), время цикла прессования, асимметрия хода пуансона и другие параметры, характеризующие динамику процесса. Вычисление этих признаков локально позволяет существенно сократить объем передаваемых данных, сохраняя при этом информативность сигнала.

Уровень 3 – Диагностические агенты (DA)

Ядро системы. Диагностический агент получает от агента предобработки «цифровой портрет» цикла и сравнивает его с эталонными профилями, хранящимися в базе данных «Магнезиус портал». Эталонные профили

формируются на основе исторических данных о циклах прессования, которые гарантированно привели к получению качественных изделий (концепция «золотой партии»). При выявлении отклонений, превышающих заданные допуски, диагностический агент формирует заключение о риске возникновения конкретного дефекта (недопрессовка, расслоение, неравноплотность) и передает его координирующему агенту.

Уровень 4 – Координирующий агент (CA)

Агрегирует заключения от всех диагностических агентов цеха, формирует карту качества по партии изделий, отправляет сигналы оператору (через АРМ) и передает агрегированные данные в MES-систему предприятия. Координирующий агент также отвечает за обновление эталонных профилей в базе данных по мере накопления новой информации о качественных циклах прессования.

Параллельно с работой агентов данные с прессов через Anybus записываются в базу «Магнезиус портал», формируя исторический архив, который может использоваться для периодического переобучения диагностических моделей и верификации алгоритмов. Прямой доступ к базе данных позволяет технологам проводить ретроспективный анализ и выявлять скрытые закономерности между параметрами прессования и качеством готовой продукции [7, 8].

Заключение

В результате выполненной работы разработана концептуальная четырехуровневая архитектура мультиагентной системы контроля качества графитсодержащих огнеупорных изделий. Архитектура адаптирована к реальным производственным условиям ПАО «Комбинат Магнезит» и учитывает гетерогенность парка прессов Laeis HPF (три поколения с различным ПО), а также инфраструктурные ограничения канала передачи данных через шлюз Anybus X-gateway (512 байт в каждом направлении).

Научная новизна работы заключается в том, что впервые предложена структура мультиагентной системы контроля качества, ориентированная на косвенные диагностические признаки с датчиков прессов Laeis для графитсодержащих огнеупоров, с учетом гетерогенности оборудования и ограничений промышленных интерфейсов.

Практическая значимость работы состоит в создании основы для перехода от дорогостоящего выборочного разрушающего контроля к непрерывному прогнозированию качества каждого изделия.

Предложенная архитектура позволит снизить долю брака за счет раннего обнаружения отклонений в работе прессов, сократить затраты на лабораторные испытания и создать информационный фундамент для построения цифрового двойника процесса прессования огнеупоров.

Библиографический список

1. LAEIS GmbH. LAEIS high performance hydraulic and electric presses. Technical documentation. URL: https://exhibitors.ceramitec.com (дата обращения: 19.04.2026).
2. Московенко, И.Б. Неразрушающий контроль физико-механических свойств и мониторинг технологии производства огнеупорных изделий / И.Б. Московенко // Новые огнеупоры. – 2005. – № 11. – С. 38–40.
3. ГОСТ 24830-81. Изделия огнеупорные бетонные. Ультразвуковой метод контроля качества. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
4. Anybus X-gateway – PROFIBUS Master – Modbus TCP Server. Technical Product Datasheet. HMS Industrial Networks. URL: https://www.anybus.com (дата обращения: 19.04.2026)
5. GRACE Project. InteGration of pRocess and quAlity Control using multi-agEnt technology. Final Report. FP7. European Commission. URL: https://cordis.europa.eu/project/id/246203 (дата обращения: 19.04.2026).
6. Barbosa, J. Implementation of a multi-agent system to support ZDM strategies in multi-stage environments / J. Barbosa, P. Leitão, A. Ferreira et al. // 2018 IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics (INDIN). – Porto, 2018. – P. 822–827. DOI: 10.1109/INDIN.2018.8471948.
7. Управление промышленными предприятиями: стратегии, механизмы, системы: монография / О.В. Логиновский, В.Н. Бурков, И.В. Буркова и др.; под ред. О.В. Логиновского, А.А. Максимова. – М.: Инфра-М, 2018. – 410 с. ISBN 978-5-16-013606-6.
8. Эффективное управление организационными и производственными структурами: монография / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, О.И. Дранко и др.; под ред. О.В. Логиновского. – М.: Инфра-М, 2020. – 450 с. ISBN 978-5-16-016217-1.

УДК 004.056

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ РЕПУТАЦИОННОГО ИНДЕКСА УЗЛА ДСХД, ПАРАМЕТРОВ ИЗБЫТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ И КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

А.А. Повышев

В статье рассматривается задача синтеза математической модели управления параметрами защиты информации в децентрализованных системах хранения данных (ДСХД). В качестве входного параметра используется репутационный индекс узла. Проведен сравнительный анализ семи подходов. Предложена модифицированная модель асимптотиче-

ской устойчивости на основе функции Ляпунова. Обоснован выбор модели.

Ключевые слова: децентрализованные системы, информационная безопасность, избыточное кодирование.

Актуальность

Одной из ключевых проблем децентрализованных систем хранения данных (ДСХД) является отсутствие взаимного доверия между узлами, обеспечивающими хранение данных [1]. Статические параметры защиты (фиксированный уровень избыточности, постоянная длина ключа) неэффективны в условиях динамически изменяющейся топологии сети и поведения узлов. Решением может стать метод, позволяющий поддерживать заданный уровень рисков при изменении состояния сети. Для этого требуется адаптивная коррекция параметров защиты на основе динамической оценки репутации узлов. Актуальность исследования обусловлена следующими факторами: рост объемов данных, размещаемых в децентрализованных хранилищах (по оценкам Gartner, к 2025 году более 30 % корпоративных данных будут храниться в распределенных системах) [2]; недостаточная эффективность существующих методов защиты, основанных на статических параметрах; отсутствие формализованных подходов к управлению параметрами защиты на основе репутационных оценок в условиях неопределенности [1].

Формализация входных параметров защиты

В рамках предложенного метода оценка надежности узла формируется на основе анализа его технических характеристик. Результатом оценки является репутационный индекс R, который может принимать значение от 0 до 100.

Значение $R = 100$ соответствует полностью доверенному узлу с гарантированной доступностью, $R = 0$ – узлу, признанному ненадежным или злонамеренным. Вектор параметров защиты $\vec{P}$ включает в себя:

параметры избыточного кодирования $Pcode = n, k$, где n – общее количество фрагментов, k – количество информационных фрагментов (в качестве базового алгоритма используется код Рида-Соломона) [3];

параметры криптографической защиты $Pcrypto = L, Alg, Round$, где L – длина ключа, Alg – алгоритм шифрования, $Round$ – количество раундов шифрования.

Задача состоит в нахождении функции $P(R)$, обеспечивающей минимизацию функции рисков $Risk(P, R)$ в соответствии с требованиями к обеспечению защищенности ДСХД определяемыми моделью угроз безопасности информации (далее – модель угроз). Модель угроз в ДСХД формализует источники и сценарии атак, на основе чего формируется профиль угроз – вектор метрик и весовых коэффициентов (α, β, γ), используемый для параметризации функции безопасности.

Анализ возможных математических моделей управления

Для решения поставленной задачи проведен поиск подходящих математических аппаратов. Ниже рассмотрены семь моделей, включая те, что были отвергнуты на этапе проектирования ввиду несоответствия требованиям устойчивости, вычислительной эффективности или интерпретируемости.

Дискретная пороговая модель [4] предполагает разбиение диапазона $R \in [0,100]$ на интервалы $[T_i, T_i + 1]$. Наличие зон нечувствительности приводит к эффекту «дребезга» при колебаниях репутации вблизи порогов T_i, что потенциально может вызывать частую смену параметров безопасности перегружая таким образом ДСХД.

Линейная регрессионная модель [5] предусматривает линейную зависимость параметров безопасности от репутации. Вместе с тем линейная зависимость не отражает нелинейную природу угроз безопасности информации. Линейная модель либо недооценивает угрозы при низком рейтинге репутации, либо избыточно расходует ресурсы при высоком.

Экспоненциальная модель надежности [6] отражает нелинейное нарастание рисков при снижении доверия, однако она не предусматривает учета инерционности системы и скорости изменения репутации узлов. При резких колебаниях репутации алгоритм реагирует мгновенно, что является дополнительным вектором дестабилизации, позволяющим спровоцировать вывод системы из строя путём проведения DoS\DDoS-атаки.

В стохастической диффузионной модели, основанной на уравнениях Ито [7], надежность узла или системы представляет собой случайный процесс. Эта модель отклонена ввиду высокой сложности калибровки параметров дрейфа и диффузии под конкретные условия эксплуатации. Такая колибровка труднодостижима в условиях ДСХД.

Теоретико-игровой подход, в соответствии с концепцией равновесия Нэша [8], формализует взаимодействие подсистемы защиты и сетевых узлов как некооперативную игру между защитником, которым является ДСХД и противником, которым является потенциально недобросовестный оператор узла. Оптимальные параметры защиты здесь выводятся как ответная стратегия на поведение защитника и противника. Расчет равновесия требует точного знания целевых функций и характеристик каждого узла, что в ДСХД невозможно.

Нейросетевая модель [9], ориентированная на прогнозирование оптимальных параметров с использованием заранее обученной нейросети. Эта модель отклонена, так как подобные ИИ-модели функционируют по принципу «черного ящика», где невозможно или затруднительно проследить прямую причинно-следственную связь между входными репутационными метриками и выдаваемыми настройками защиты.

Модель асимптотической устойчивости на основе функции Ляпунова [10]

Предлагаемая модель рассматривает систему защиты как динамическую систему управления, где функция Ляпунова $V(R, \vec{P})$ характеризуется отклонением применяемых параметров защиты от оптимальных значений.

Использование функции Ляпунова в предлагаемой модели позволяет математически доказать сходимость параметров защиты к оптимальному значению, учитывая рейтинг репутации *R*, что обеспечивает упреждающее управление механизмами защиты. Модель полностью прозрачна и поддается формальному анализу, а значит, имеет высокую степень интерпретируемость.

Модификация функции Ляпунов

Базовая функция Ляпунова для управления параметрами системы защиты характеризует лишь отклонение текущих параметров защиты ($\vec{P}$) от оптимальных значений, заданных репутационным индексом узла (R) и имеет вид [10]:

$$V_{base}(R, \vec{P}) = \frac{1}{2}\left(\vec{P} - \vec{P}_{opt}(R)\right)^T Q\left(\vec{P} - \vec{P}_{opt}(R)\right),$$

где $\vec{P}_{opt}(R)$ – целевая траектория параметров защиты;

Q – матрица важность отдельного параметра защиты;

V_{base} – базовая функция Ляпунова, мера отклонения системы от оптимального состояния;

$\vec{P}$ – вектор текущих параметров защиты;

$\vec{P}_{opt}(R)$ – вектор оптимальных параметров защиты;

R – репутационный индекс узла,

В отличие от базового подхода, предложенная модель включает слагаемые, отвечающие за метрики безопасности:

$$V_{mod}(R, \vec{P}, \vec{M}) = V_{base}(R, \vec{P}) + \alpha \cdot V_{conf}(\vec{P}) + \beta \cdot V_{int}(\vec{P}) + \gamma \cdot V_{avail}(R, \vec{P}),$$

где $V_{conf}(\vec{P})$ – характеризует отклонение конфиденциальности;

$V_{int}(\vec{P})$ – характеризует отклонение целостности;

$V_{avail}(R, \vec{P})$ – характеризует отклонение доступности;

$\vec{M}$ – вектор метрик безопасности,

$$\vec{M} = \begin{bmatrix} M_{conf} \\ M_{int} \\ M_{avail} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Конфиденциальность} \\ \text{Целостность} \\ \text{Доступность} \end{bmatrix},$$

α, β, γ – весовые коэффициенты, определяемые профилем угроз.

Слагаемое конфиденциальности определяется как:

$$V_{conf}(\vec{P}) = max\left(0, L_{req} - L(\vec{P})\right)^2,$$

где L_{req} – требуемая длина ключа согласно профилю угроз,

$L(\vec{P})$ – фактическая длина ключа в конфигурации текущих параметров защиты $\vec{P}$.

Слагаемое целостности определяется как:

$$V_{int}(\vec{P}) = max\left(0, k_{req} - k(\vec{P})\right)^2,$$

где k_{req} – минимальное количество фрагментов, необходимое для восстановления данных с заданной вероятностью целостности, $k(P)$ – фактическое количество информационных фрагментов.

Слагаемое доступности определяется как:

$$V_{avail}(R, \vec{P}) = \left(A_{req} - A(R, \vec{P})\right)^2,$$

где A_{req} – требуемый уровень доступности (например, 0.999), $A(R, \vec{P})$ – прогнозируемый уровень доступности, вычисляемый на основе репутации R и параметров избыточности $\vec{P}$.

Условие устойчивости модифицированной функции формулируется как требование отрицательной определенности производной функции Ляпунова по времени:

$$\dot{V}_{mod} = \frac{\partial V_{mod}}{\partial \vec{P}}\dot{P} + \frac{\partial V_{mod}}{\partial R}\dot{R} + \frac{\partial V_{mod}}{\partial M}\dot{M} < 0,$$

где $\dot{V}_{mod}$ – производная модифицированной функции Ляпунова, характеризующая скорость изменения уровня защищенности системы,

$\dot{P}$ – производная вектора параметров защиты,

$\dot{R}$ – производная репутационного индекса,

$\dot{M}$ – производная вектора метрик безопасности.

Если производная $\dot{V}$ будет положительной хотя бы в некоторой области допустимых значений R и $\vec{P}$, это будет означать, что в этой области функция возрастает, что интерпретируется как удаление системы от состояния равновесия, то есть от оптимальных параметров защиты системы и ведет к росту рисков информационной безопасности.

С учетом условия отрицательной определенности производной функции Ляпунова, управляющее воздействия $\dot{P}$ формируется, как антиградиент, что гарантирует сходимость параметров избыточного кодирования и криптографической защиты к оптимальной траектории $\vec{P}_{opt}$, при любых допустимых возмущениях со стороны сети.

Таким образом, скорость изменения параметров защиты ($\dot{P}$) корректируются по следующему закону адаптации:

$$\dot{P} = -\gamma \nabla_{\vec{P}_{opt}} \dot{V}_{mod}(R, \vec{P}, \vec{M}) - \beta \cdot sign(\dot{R}),$$

где γ – коэффициент скорости адаптации,

β – коэффициент упреждения (реагирование на скорость изменения репутации),

$-\gamma \nabla_{\vec{P}_{opt}} V_{mod}$ – градиентное слагаемое, направляющее параметры защиты к оптимальным значениям $\vec{P}_{opt}$, минимизируя функцию рисков V_{mod},

$\beta \cdot sign(\dot{R})$ – упреждающее слагаемое, реагирующее на тренд изменения репутации $\dot{R}$ позволяющее наращивать защиту заранее, если репутация узлов быстро падает, элемент скользящего режима или релейной коррекции, добавленный для компенсации быстрых возмущений (атак на репутацию),

$sign()$ – функция, определяющая изменения репутационного индекса.

Новизна предложенной модели заключается в том, что функция Ляпунова впервые применяется для задач информационной безопасности с явным включением метрик конфиденциальности, целостности и доступности в качестве слагаемых, штрафующих за отклонение от целевого уровня защищенности.

Корреляция параметров криптозащиты и репутации

Пусть P_{comp} – вероятность компрометации узла в момент времени t. Данная вероятность коррелирует с репутационным индексом R следующим образом:

$$P_{comp}(R) = 1 - \frac{R}{100},$$

Для обеспечения заданного уровня конфиденциальности необходимо, чтобы вероятность успешной атаки на зашифрованные данные не превышала порогового значения P_{thresh}:

$$P_{attack}(L, R) = P_{comp}(R) \cdot P_{break}(L) \leq P_{thresh},$$

где $P_{break}(L)$ – вероятность взлома криптоалгоритма с ключом длины L.

Отсюда следует, что при снижении репутации R (и росте P_{comp}) необходимо увеличивать длину ключа L для сохранения неравенства:

$$P_{break}(L) \leq \frac{P_{thresh}}{P_{comp}(R)} = \frac{P_{thresh}}{1 - R/100},$$

Пример профиля зависимости требуемой длины ключа от репутационного индекса представлен в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость требуемой длины ключа от репутационного индекса

Индекс R	P_{comp}	Требуемая P_{break}	Длина ключа L
90–100	0.01–0.10	10^{-10}	128 бит
70–89	0.11–0.30	10^{-11}	192 бит
50–69	0.31–0.50	10^{-12}	256 бит
30–49	0.51–0.70	10^{-13}	256 бит + HMAC
0–29	0.71–1.00	10^{-14}	ГОСТ 34.12-2018

Снижение уровня репутации узла прямо коррелирует с ростом вероятности его компрометации, в ответ на что система увеличивает длину криптографических ключей, а также переходит к применению более стойких алгоритмов шифрования.

Такие меры существенно повышают вычислительную и ресурсную стоимость атаки для нарушителя. Этот механизм адаптации обеспечивает непрерывное соответствие конфигурации безопасности требованиям действующего профиля угроз.

В отличие от существующих ДСХД, типа SIA, Storj или Filecoin, где параметры криптографической защиты жестко зафиксированы и не зависят от доверия к конкретным узлам, предложенный подход внедряет динамическую подстройку криптографических примитивов в режиме реального времени и напрямую привязана к текущей оценке сетевых рисков.

Также возникает вопрос описания репутационных оценок непрерывными дифференциальными уравнениями, в условиях описания параметров схем избыточного кодирования дискретными значениями (табл. 2) [3].

Таблица 2

Примеры описания конфигураций кодов Рида-Соломона

Конфигурация	n	k	Коэффициент n/k	Макс. исправляемых ошибок
RS(255, 223)	255	223	1.14	16 символов
RS(255, 207)	255	207	1.23	24 символа
RS(255, 191)	255	191	1.33	32 символа
RS(255, 175)	255	175	1.45	40 символов
RS(255, 159)	255	159	1.6	48 символов

В качестве решения вопроса может быть использована функция квантования *Quant*(P):

$$P_{final}(t) = \mathrm{Quant}\big(P(t)\big) = round\big(P(t)\big) \cap D_{valid},$$

где D_{valid} – множество допустимых конфигураций, например, размеры блоков для кода Рида-Соломона,

$\vec{P}(t)$ – непрерывные значения вектора параметров защиты, вычисленные по закону адаптации,

round() – операция округления до ближайших значений.

Таким образом, производная $\dot{P}$ в законе адаптации рассчитывается для непрерывной аппроксимации, а финальное применение параметров происходит дискретно. Это обеспечивает плавность управления на уровне логики системы при сохранении корректности работы алгоритмов кодирования, и может быть применено к другим потенциальным параметрам защиты.

Сравнительный анализ с существующими системами

Анализ существующих ДСХД выявил отсутствие формализованных моделей управления параметрами защиты на основе динамической оценки репутации. Все рассмотренные системы используют либо статические параметры, либо пороговые модели без гарантий устойчивости. Это обуславливает необходимость разработки адаптивной модели на основе функции Ляпунова с доказанной асимптотической устойчивостью, что позволяет формализовать процесс управления рисками в условиях неопределенности

функционирования недоверенных хостов в ДСХД. Результата анализа представлен в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительный анализ существующих ДСХД

Система	Модель управления	Репутационный индекс	Время адаптации	Учет динамики	Адаптация
Storj [11]	Пороговая	Бинарный	Минуты	Нет	Нет
Filecoin [12]	Экспоненциальная	Через залог	~30 секунд	Частично	Нет
IPFS [13]	Теоретико-игровая	Условный	Мгновенно	Косвенно	Нет
Sia [14]	Статическая	История контрактов на хранение	Часы (контракт)	Нет	Нет
Arweave [15]	Статическая	Доступность данных	Минуты (консенсус)	Нет	Нет
Предложенная	Ляпунова	Да, регулярная оценка	Секунды	Да	Да

Заключение

В ходе исследования разработана математическая модель взаимосвязи репутационного индекса с параметрами защиты данных. Сравнительный анализ семи потенциальных моделей показал преимущество подхода на основе функции Ляпунова.

Предложена модифицированная функция Ляпунова, включающая слагаемые, отвечающие за метрики конфиденциальности, целостности и доступности. Это позволяет формализовать понятие «стабильного уровня защищенности» в условиях неопределенности. Обоснована корреляция параметров криптозащиты и репутации на основе вероятностной модели компрометации узлов. Предложенная модель учитывает дискретную природу параметров средств защиты информации (кодов избыточности и примитивов алгоритмов шифрования), позволяет реализовывать упреждающее воздействие на угрозы безопасности информации, снижая риски нарушения конфиденциальности, целостности и доступности, соответственно, может применяться для управления параметрами защиты информации в ДСХД.

Библиографический список

1. Josang A., A survey of trust and reputation systems for online service provision //Decision support systems. – 2007. – Vol. 43, no. 2. – P. 618–644.

2. Gartner. Forecast Analysis: Distributed Data Storage Systems, Worldwide, 2023. – Stamford: Gartner Research, 2023. URL: https://www.gartner.com/en/documents

3. Reed I.S., Solomon G. Polynomial codes over certain finite fields //Journal of the society for industrial and applied mathematics. – 1960. – Vol. 8, no. 2. – P. 300–304.

4. Сазанова Л.А. Дискретная модель управления запасами // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2017. – С. 455–457.

5. Полещук О.М. Линейная нечеткая регрессионная модель при условии четких входных и выходных данных // Лесной вестник/Forestry bulletin. – 2000. – № 4. – С. 138–143.

6. Антощук С. Г., Маевский Д. А., Яремчук С. А. Экспоненциальные модели надежности и их применимость на различных этапах жизненного цикла программных систем // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2010. – № 1. – С. 93.

7. Змиевская Г. И. Численные стохастические модели неравновесных процессов // Математическое моделирование. – 1996.– № 11. – С. 3–40.

8. Бреер В.В. Теоретико-игровая модель неанонимного порогового конформного поведения // Управление большими системами: сборник трудов. – 2010. – № 31. – С. 162–176.

9. Кревский М.И., Бождай А.С. Предиктивная нейросетевая модель для управления бизнес-процессами // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2023. – № 3 (67). – С. 83–93.

10. Косов А.А. Исследование устойчивости сингулярных систем методом вектор-функций Ляпунова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2005. – № 3-4. – С. 123–129.

11. De Figueiredo S. et al. Exploring the storj network: A security analysis // Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on Applied Computing. – 2021. – P. 257–264.

12. Bauer D. P. Filecoin //Getting Started with Ethereum – Berkeley, CA: Apress, 2022. – P. 97–101.

13. Benet J. Ipfs-content addressed, versioned, p2p file system // arXiv preprint arXiv:1407.3561. – 2014.

14. Przydatek B., Song D., Perrig A. SIA: Secure information aggregation in sensor networks // Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems. – 2003. – P. 255–265.

15. Williams S. et al. Arweave: A protocol for economically sustainable information permanence // Arweave Yellow Paper. – 2019. – Vol. 67.

СЕКЦИЯ: СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ МЕДИА И СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

УДК 378.1

ВЛИЯНИЕ ИДЕЙ В. ГУМБОЛЬДТА НА СТАНОВЛЕНИЕ НОВОГО ЭТАПА В ОБРАЗОВАНИИ

И.А. Иевлев

В статье исследуется роль образования как многогранного феномена, а также в исторической динамике его развития. Автор раскрывает сущность образования не просто как передачи знаний, а как процесса формирования духовного облика личности, её мировоззрения, системы ценностей и социально-статусных позиций.

Центральной частью исследования выступает анализ образовательной реформы В. Гумбольдта в Пруссии начала XIX века как ответа на кризис государственного аппарата и поражение в войне с Наполеоновской Францией. Подробно рассматриваются ключевые принципы гумбольдтовской модели. Данная реформа стала важной вехой в развитии европейской образовательной традиции, повлияв на представления о взаимосвязи свободы, науки и общественного прогресса.

Ключевые слова: образование, философия образования, история образования, В. Гумбольдт, университет, реформа образования, связь науки и образования.

Образование играет одну из самых важных ролей в жизни как отдельно взятого человека, так и всего человечества в целом. Но что же такое образование? Безусловно, это понятие многолико и на него посмотреть с разных сторон. С философской точки зрения образование – это «духовный облик человека, который складывается под влиянием моральных и духовных ценностей, составляющих достояние его культурного круга, а также процесс формирования облика человека. При этом главным является не объем знаний, а соединение последних с личными качествами, умение самостоятельно распорядиться своими знаниями» [1, с. 199]. Институт образования – социальный институт, формирующий дух свободы личности, её мировоззрение и систему ценностей, обеспечивающий социализацию индивида, развитие критического мышления и подготовку к активной гражданской позиции в обществе. С точки зрения законодательства образование – единый целенаправленный процесс воспитания и обучения, являющийся общественно значимым благом и осуществляемый в интересах человека, семьи, общества и государства, а также совокупность приобретаемых знаний, умений, навыков [2]. Тем самым, можно выделить, что цен-

тральным элементом в образовании является конструирование, воспитанием человека, создание его социально-статусных позиций в обществе. Система требований, правил и оценок, существующих в данном институте, формирует способность к самоконтролю, целеполаганию, упорству в достижении целей.

Безусловно, на протяжении развития общества, государства, экономических реалий, а также других факторов эти ценности и смыслы менялись. В каждой исторической эпохе образование решает как свои базовые задачи, так и выполняет новые требования, определяемые контекстом времени и пространства. Меняются и сами институты, которые выполняют задачу передачи и пополнения этих знаний, ценностей.

В данной статье все это анализируется на примере одного из виднейших европейских реформаторов начала XIX В. Гумбольдта, Данный реформатор предложил как новое видение развития образования в целом, так и модернизацию институтов, которые должны были эти идеи и воплощать.

В Средневековье образование было неразрывно связано с церковной культурой, именно она выступала духовым центром, определяла содержание обучения, в котором наука в современном ее понимании не играла важной роли. Однако, никакой «эпохи застоя» не было, так как именно уже в период Развитого Средневековья появляются университеты, начавшие понемногу изменять образовательный процесс. Корпоративная этика средневековых университетских профессоров и студиозусов имела более секуляризированный характер, чем у преподавателей монастырских школ, так как она была ориентирована на интересы людей, вовлеченных прежде всего в процесс образования [3, с. 27].

Переход к Новому Времени от Средневековья характеризуется бурным развитием научного знания, меняется картина мира, однако в это время создают открытия великие ученые Н. Коперник, Р. Декарт, Г. Галилей, не состоявшие в университетских кругах. Система образования влияет на жизненных путь, дает первоначальные знания, но сами открытия были не институализированными, проходили без влияния университетов, не разрабатывались в их стенах. С исторической точки зрения это продолжилось совсем короткий период времени, прошло немного времени, и наука стала сферой государственных и частных буржуазных интересов. Формирующееся капиталистическое общество на Западе требовало развития научных знаний, а это не возможно без дальнейшего изменения самих образовательных институтов.

В этом плане Эпоха Просвещения с ее философами являлось тем самым инструментом для изменения научной и образовательной системы того времени. Данная эпоха предоставила образованию ключевую роль, так как именно оно ведет общество к совершенствованию, через разум и науку. В университетах еще больше снижается влияние церкви, через внедрение семинарских, практических занятий усиливается практическая направлен-

ность. Просветители проводят идеи демократизации образования, в будущем оно будет становиться более эгалитарным.

Эти идеи влияли на правителей в Европе, в частности на Просвещенного монарха в Пруссии Фридриха II. В эпоху уже полностью централизированных держав именно государство начинает создавать запросы и формировать повестку в образовательной сфере. Именно при Фридрихе вводится обязательное начальное образование, проводятся изменения как в школьном, так и высшем образовании.

Тем не менее, фактически серьезных результатов эти изменения не дали, например, типичным было такое положение дел «Ни в одной провинции не удалось отправить всех детей в школу. Тысячи росли без образования. Ни в одной провинции занятия не шли летом и зимой [4]».

В небольшом и не очень богатом по европейским меркам государстве, основные ресурсы уходили на армию, которая являлась центральным звеном в милитаризированной Пруссии, поэтому фактически никаких подвижек в образовательной системе не произошло. Университеты хоть и были госучреждениями, однако преподаватели получали зарплату не систематично, в Пруссии в это время было только четыре университета, которые были созданы еще в предыдущие века. В конечном итоге все это вело к нарастанию системного кризиса в Прусском государстве, которое проявилось в ходе войны с Наполеоновской Францией в рамках четвертой антифранцузской коалиции. В двух сражениях, которые произошли в один день, при Йене и Ауэрштедте прусская военная машина, которая была центральным звеном государственной системы, была полностью уничтожена, моральных дух жителей подорван, по словам К. Клаузевиц, Пруссия «погибла из-за своих форм государственного устройства» [5]. Тем самым эпоха Просвещения, поражение в войне подвели к осознанию необходимости проведения реформ для сохранения страны, в том числе реформа требовалось и в образовании, одним из инициаторов которой был и В. Гумбольдт.

Целью реформы провозглашалось опережение остальной Германии по уровню образования и развития посредством создания университета, обладающего обширными связями и с Академией наук, и с применением знания на практике, и прибегающего к современным философским основам образования, науки и их организации, а также с применением полученного знания в образовательном процессе [6].

Для осуществления реформы В. Гумбольдтом была выработана система взаимосвязанных принципов. Во-первых, обеспечивалось академическая свобода в преподавании и обучении, во-вторых, существовала неразрывная связь образовательной и исследовательской работы. Наконец, весь смысл образовательного процесса должен был быть заточен на подготовку фундаментального научного образования, а не узкопрофильной подготовкой.

Данные принципы предоставляли возможность преподавателям самостоятельно определять содержание своих курсов, безусловно, добавлявшее

вариативности образовательного процесса, углублению в темы, в которых хорошо мог ориентироваться сотрудник университета. Одновременно с этим студенты также получали право свободно выбирать учебные дисциплины, тем самым заинтересованный студент мог выбрать то направление, в котором он лучше всего разбирался и это могло привести уже к началу умножения и развития научных знаний. По мнению реформатора это приводило к тому, что «преподаватель не должен заботиться об учащихся как в школе, а оба они заботятся о науке» [7].

В меморандуме В. Гумбольдта «О внутренней и внешней организации высших научных заведений в Берлине» проглядывается философия образования, которая формировалась еще с Античности и заканчивающаяся эпохой Просвещения. С одной стороны, как и у греков в меморандуме и в его реформе образования проскальзывают идеи греков о гармонично развитой личности, стремившейся к идеалу. Эпоха Нового времени добавляет сюда веру в силу разума и научного познания.

В чем еще проявляется специфика программы Гумбольдта для того времени? В Российской империи в это время как, в целом, на протяжении всей истории роль заказчика играло государство, в Наполеоновской Франции того времени также наблюдаются сильные тенденции встраивания образования под узкопрактические государственные нужды, однако Гумбольдт выстраивает систему взаимоотношений таким образом, что государство становится «Ночным сторожем» в образовательной сфере. Государство должно создавать, осознавать, следить, но государство не должно требовать от университетов ничего, что непосредственно и прямо относится к нему, а оно должно питать внутреннее убеждение в том, что, когда они достигнут своей цели, они достигнут также и его целей, причем с гораздо более высокой точки зрения, т. е. с точки зрения, с которой можно объединить намного больше и применить совершенно иные силы и рычаги, чем те, которыми располагает оно [7].

Ключевой задачей университета является изучение наук, распространение знаний и идей, но мы привыкли, что зачастую в наше время главным заказчиком этого является бизнес, то же самое государство, однако реформатор считал, что это приведет к упадку научного знания. Ведь науку, нужно черпать из глубин духа, а затем то, что будет посеяно, будет преобразовывать окружающий мир.

Если подводить итог, то можно сделать вывод, что реформы в Германии были продиктованы неэффективностью государственного аппарата в быстро изменившемся времени середины XVIII – начала XIX века. После того как внешние факторы подтолкнули к изменениям В. Гумбольдт и его соратники предложили новую модель развития университетов в Германии, понимания развития науки, в целом, пытались выстроить новую систему образовательной модели в Европе с учетом специфики своего государства и менталитета. Данная модель была альтернативой другим системам, которые

существовали в европейских странах, и имела ряд преимуществ. Тем не менее, конъюнктура в политике и экономике как привела к этой реформе, так и через полвека к конце XIX столетия привела к тому, что требования к образованию и науке изменились, и данная система Гумбольдта не совсем отвечала практической значимости, но в сфере духовного понимания значения науки, университета и роли образования она оставила свой след.

Библиографический список

1. Деттерер, А.В. Введение в философию образования: учебное пособие / А.В. Деттерер. – Томск: ТГПУ, 1998. – 270 с.

2. Российская Федерация. Законы. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон № 273-ФЗ: текст с изменениями и дополнениями на 2 декабря 2019 года: принят Государственной Думой 21 декабря 2012 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2012 года. – М.: Эксмо, 2018. – 144 с.

3. Душин, О.Э. Средневековые университеты: у истоков европейского высшего образования / О.Э. Душин // Вестник СПбГУ. – 2013. – № 17. – С. 26–31.

4. Kirche und Schule als staatserhaltende Institutionen, in: Preußen, Versuch einer Bilanz. Katalog der Ausstellung der Berliner Festspieler GmbH vom 15. August bis 15. November 1981. Erweiterte und revidierte Ausgabe der Bänder 2, 3 und 4: Preußen, Zur Sozialgeschichte eines Staates, bearbeitet v. Peter Barndt, ^{2}1986 (^{1}1981). – С. 143–179.

5. Клаузевиц К. 1806 г. – 2-е изд. – М., 1938.

6. Рагозин, Г.С. Трансформация подхода к государственной службе и становление Гумбольдтовской модели университета в Пруссии, 1807–1810 гг. / Г.С. Рагозин, А.А. Турыгин, Р.Ю. Болдырев // Вестник Костромского государ ственного университета. 2020. Т. 26, № 3. С. 100–110. DOI: 10.34216/1998-0817-2020-26-3-100-110.

7. Гумбольдт В. фон. О внутренней и внешней организации высших научных заведений в Берлине // Неприкосновенный запас. – 2002. – № 2. – С. 5–10.

УДК 101.1:316

ПАРАДОКСАЛЬНОСТЬ ТЕХНООПТИМИСТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ МУЗЫКАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Г.Ю. Квятковский

В статье описаны механизмы рационализации музыкальной деятельности, восходящие к философским концепциям Пифагора, Г.В.Ф. Гегеля и современной философии техники. Описана специфика музыкальных проектов, заданных рамкой технооптимизма и пониманием музыки как искусственного языка, показана их парадоксальность: стремление рас-

ширить возможности человеческой коммуникации ведет к увеличению власти техники и становлению «машинной цивилизации», сформулированы сценарии развития отношений человека и техники.

Ключевые слова: социальная философия, философия техники, технооптимизм, научная рациональность, музыкальная деятельность, современная музыка.

На всем протяжении история музыки являлась иллюстрацией устойчивой тенденции рационализации ее деятельностного субстрата. Музыкальная деятельность определяется нами как вариативная человеческая активность, направленная на упорядочение звуков, и ее основными видами являются создание, распространение, исполнение и восприятие объективированных форм звукового потока, конвенционально распознаваемых в качестве музыкальных. В контексте данного определения рационализация музыкальной деятельности означает приведение музыкальной деятельности в соответствие с некоторыми разумными основаниями, рефлексия которых теоретически позволит выработать новые, более совершенные структуры и схемы, следование которым обеспечит умопостигаемый порядок в сонорной сфере.

Стремление человека рационализировать собственную деятельность лишь частично обусловлено биологическими факторами, благодаря которым можно провести аналогию между природным механизмом естественного отбора, позволяющего выживать и передавать по наследству уникальные комбинации генов наиболее приспособленным к данным условиям особям, и механизмами обратной связи, позволяющими корректировать все звенья процесса человеческой деятельности (ставить достижимые цели, подбирать наиболее эффективные средства, дифференцировать критерии оценки результата и т. д.). В этом смысле стоит согласиться с А.А. Ивиным, утверждающим, что «разум не представляет собой некоего изначального фактора, призванного играть роль беспристрастного и безошибочного судьи. Он складывается исторически, и [рациональность] может рассматриваться как одна из традиций» [1], что обусловливает неоднородность м несопоставимость механизмов рационализации конкретных видов и форм человеческой деятельности.

Развивая этот тезис, можно утверждать, что представления о механизмах рационализации музыкальной деятельности имеют характер процесса, конкретные исторические состояния которого обусловлены уровнем сложности человеческих представлений о ее основаниях.

Пифагорейская школа определила число в качестве субстанции всего сущего, поскольку именно число определяет задает количественные характеристики действительности, указывая при этом на существование гармонии отношений между числами и формами. П.П. Гайденко отмечает применимость определения пифагорейцами гармонии как «согласия разно-

гласного» в качестве принципа к устроению мира; поскольку, как и число, гармония возникает из соединения предельного и беспредельного, принципы гармонии описывают не только консонансные созвучия в музыке, но и эмпирически наблюдаемые траектории движения небесных тел [2, с. 38]. Вероятно, именно благодаря аналогии между математикой и музыкой становится возможным обосновать всеобщность принципа пифагорейской школы «все есть число». Музыкальная деятельность виделась пифагорейцам как оперирование священными числами, доступное исключительно тем, кто специально обучен воспринимать гармонию и устранять дисгармоничные созвучия. В рамках пифагорейского подхода рациональность в музыкальной деятельности есть приведение конкретного звукового потока в соответствие с принципами гармонии. Эта рациональность имеет консервативный и эзотерический характер, поскольку количество гармонических комбинаций звуков конечно и вся инновационная музыкальная деятельность сосредоточена на варьировании тембральных характеристик инструментов, в то же время знание принципов гармонии не является всеобщим – практическая исполнительская деятельность задействует по преимуществу механизмы памяти. Из пифагорейского подхода выросла практика хорового исполнения духовной музыки под руководством регента, обученного читать распевы и знающего на память движение мелодии в каждом конкретном произведении.

Секуляризация музыки потребовала инновационных схем деятельности, облегчающих свободный доступ к музыкальному тексту и его свободные прочтение и интерпретацию. Становление практик светского музицирования в XVII–XIX вв. обусловлено восходящим развитием и дифференциацией знания о музыке, благодаря которым были усовершенствованы системы нотации, позволяющие зафиксировать высоту, длительность и громкость конкретного музыкального звука, сложилась система европейских музыкальных жанров, институционализировались практики ансамблевого исполнения и музыкальной педагогики. Сам же скачок в развитии знания о музыке обусловлен кризисом натурфилософского подхода и переходом к метафизике субъекта, позволившей в XVII в. сформулировать ключевые вопросы о природе и субъектности всего сущего.

Признание наличия у музыки собственной природы, выражением которой являются принципы внутренней логики движения музыкального материала, способствовали формированию новой формы рациональности музыкальной деятельности, направленной на поиск адекватных средств и форм выражения содержания музыкальных образов. Пример подобной рациональности демонстрирует Г.В.Ф. Гегель в «Лекциях об эстетике», определяющий в качестве основного для музыкальной эстетики вопрос о том, «каким образом становится возможным и необходимым, чтобы звуки были не простым естественным криком чувства, а его разработанным художественным выражением. Ибо чувство как таковое имеет содержание, звук же

в качестве просто звука лишен его; поэтому сначала он должен благодаря художественной обработке обрести способность воспринять в себя выражение внутренней жизни» [3, с. 296]. Звуки лишены музыкального содержания вне деятельности соединяющего их между собой и означивающего возникшие между ними связи субъекта: «Хотя соединение различных звуков в определенные отношения и не противоречит сущности звука, но оно является лишь чем-то созданным, а не чем-то уже существующим в природе. Поэтому эта связь проистекает из чего-то третьего и существует только для кого-то третьего, того именно, кто постигает эту связь» [3, с. 297]. Само наличие музыки предполагает наличие субъекта, чья деятельность упорядочивает звуки «в соответствии с определенной мерой, придает им многообразные формы и в этом многообразии восстанавливает единство» [3, с. 298], и в то же время подпадает под ряд ограничений, установленных в силу природы музыки.

Революционные процессы XIX–XX вв., среди которых ведущую роль сыграли индустриализация производства и воспроизводства духовных благ, ускорение научно-технического прогресса, становление инженерно-технических, гуманитарных и социальных наук, в основании которых лежат различные специфические типы научной рациональности, вызванные развитием последних многочисленные «культурные революции», переосмысляющие философские основания ранее казавшихся незыблемыми научных истин, способствовали изменению типа рациональности музыкальной деятельности. Рост популярности иррациональных представлений о природе музыки и природе творческой деятельности человека, дифференциация и специализация функций субъектов музыкальной деятельности, изменение задач музыкального искусства «в эпоху его технической воспроизводимости», о котором писал В. Беньямин [4], становление отчужденных от человека культурных индустрий [5] производства и воспроизводства музыки, присваивающих себе субъектность музыкальной деятельности и в качестве субъекта производящих и распространяющих фетишизированные формы музыки, направленные на формирование и удовлетворение ложных потребностей сформировали ложное представление о музыке как о «языке объективного моделирования всеобщих процессов» [6, с. 217], возможности которого сводятся к кодированию и передаче информации, способной в качестве стимула вызвать определенные запрограммированные реакции.

Следствием указанных факторов становится смена понимания рациональности музыкальной деятельности, направляемой на поиск технологий, назначение которых соответствует идеальному воплощению музыкального замысла субъекта. Принципиальными изменениями, которые произошли в музыкальной деятельности вследствие развития технологий, стали фрагментация и последующая «пересборка» субъекта музыкальной деятельности: 1) индустриальный характер производства, распространения, воспри-

ятия музыки интенсифицирует темпы и стандартизирует формы деятельности, что вынуждает человека сосредоточиться на отдельных видах музыкальной деятельности, не пытаясь мысленно или деятельностно охватить все многообразие форм музыкальной деятельности, 2) характерные для отдельных видов деятельности формы взаимодействия человека с другими людьми и формы использования орудий труда способствуют выработке специфических схем производственной и коммуникативной деятельности, имеющих целью закрепление исторически сложившихся формы разделения труда, 3) низведение музыки до уровня специфической сонорной формы бытия информации формирует ее восприятие как искусственного языка отраслевой коммуникации, посредством которого поддерживаются взаимосвязи между профессиональными сообществами музыкальной деятельности, имеющими общую цель поддержания социальной коммуникации и в этом качестве проявляющими себя как относительно единый социальный субъект.

Понимание музыки как искусственного языка вписывается в общий тренд технологизации знания и формирует следующий соблазн представить музыку как результат бессубъектной активности, которую потенциально способны осуществлять программируемые механизированные устройства. Сложно представить, каковы реальные цели подобных технооптимистических проектов, устанавливающих предельно доверительные отношения между человеком и техникой. В истории музыкального модерна известно немало проектов, выставляющих на первый план технологическую сторону исполнительства («мебельная музыка» Э. Сати, музыкальный анализ, формализация методики исполнительского мастерства), наделяющих технические устройства функциями исполнителя («Пьеса для пишущей машинки с оркестром» Л. Андерсона, опыты с фазовыми преобразованиями звука С. Райха, «Воображаемый пейзаж № 14 для радиоприемников» Дж. Кейджа), использующих возможности техники для симуляции разных типов акустических пространств (К. Штокхаузен) или изменения параметров звука электромузыкальных инструментов (эффекты «дисторшн», «вау» или «хорус»), и представляется, что их создатели воспринимали технику в свете концепции органопроекции, где технические устройства дополняют возможности человека, позволяя добиваться качественно лучшего результата.

Современные технооптимисты, готовые уступить техническим устройствам субъектность композитора, видят ведущим свойством техники не столько количественное расширение возможностей человеческого тела, сколько возможность преобразовывать количественные и качественные характеристики знания об устройстве окружающего мира, а по мере накопления преобразованных знаний перейти к моделированию активности структур человеческого сознания, производящих знание. Пример подобного обоснования можно найти в работе Р. Курцвейла «Эволюция разума»:

«Эволюция технологий привела к созданию компьютера, который, в свою очередь, позволил в значительной степени расширить наши знания и связать между собой информацию из разных областей знания... В настоящее время тысячи ученых и инженеров чрезвычайно активно работают над проектом, посвященным изучению механизма самого совершенного интеллектуального процесса – функционирования человеческого мозга. Возможно, это самый важный проект в истории машинной цивилизации» [7, с. 9–10] (показательно использование в последнем фрагменте выражения «машинная цивилизация» вместо привычного «человеческая цивилизация»).

Таким образом, можно констатировать парадоксальность технооптимистических проектов музыкальной деятельности: имея целью поддержание социальной коммуникации, субъектом которой в конечном счете должны выступать человеческие индивиды, они в то же время способствуют становлению «машинной цивилизации», крайним воплощением которой для нас является музыкальная деятельность, осуществляемая машинами без участия человека.

Нам представляется, что подобного рода парадоксальность обусловлена тремя обстоятельствами: 1) прогрессирующей дегуманизацией человеческих отношений, вызванная дезориентацией в стремительно изменяющемся под воздействием научно-технического прогресса мире, 2) неумением сопротивляться механизму соблазна [8], провоцирующему на постоянное «повышение ставок» в борьбе человека с самим собой, 3) фокусировкой внимания инженерного сообщества на назначении технических устройств, а не на их цели (традиция разделения которых и постулирование зависимости первого от второй описаны в работах представителя первой волны философии техники Ф. Дессауэра [9]), а также сопротивление инженерного сообщества попыткам философов провести критическую ревизию наличного состояния отношений человека и техносферы и выработать регулятивы инженерно-технической деятельности. Дальнейшее развитие человеческой цивилизации в контексте выявленного парадокса рисуется в рамках двух сценариев: первый предполагает сохранение существующего положения дел, ведущего к становлению «машинной цивилизации», музыкальные проекты которой иллюстрируют прогрессирующее подчинение человека принципам техники, второй связан с утверждением и рефлексией человеческой субъектности во взаимосвязи человека и техники, что позволит перестроить отношения между человеком и техникой на принципах «коммуникативной рациональности» (Ю. Хабермас [10]), воспринимая технику как специфическую форму овеществленной человеческой деятельности.

Библиографический список

1. Ивин А.А. Рациональность / А. Ивин // Философия: Энциклопедический словарь. – https://philosophy.niv.ru/doc/dictionary/encyclopedic/articles/1069/racionalnost.htm (дата обращения: 13.03.2026).

2. Гайденко, П.П. История древнегреческой философии в ее связи с наукой / П.П. Гайденко. – М.: Университетская книга, 2000. – 313 с.

3. Гегель, Г.В.Ф. Эстетика: в 4 т. / Г.В.Ф. Гегель. – М.: Искусство, 1971. – Т. 3. – 621 с.

4. Беньямин, В. Произведение искусства в эпоху его технической воспроизводимости. Избранные эссе / В. Беньямин. – М.: Медиум, 1996. – 240 с.

5. Адорно, Т. Культурная индустрия. Просвещение как способ обмана масс / Т.В. Адорно, М. Хоркхаймер. – М.: Ad Marginem, 2016. – 104 с.

6. Арутюнян, Н.А. О гегелевской философии музыки / Н.А. Арутюнян // Вестник общественных наук. – 2009. – № 1. – С. 216–227. – URL: https://arar.sci.am/Content/38990/file_0.pdf (дата обращения: 13.03.2026).

7. Курцвейл, Р. Эволюция разума: Как развитие искусственного интеллекта изменит будущее цивилизации / Р. Курцвейл. – М.: ЭКСМО, 2020. – 448 с.

8. Бодрийяр, Ж. Соблазн / Ж. Бодрийяр. – М.: Ad Marginem, 2000. – 319 с.

9. Дессауэр, Ф. К философии техники. Что есть техника? – Термин и сущность / Ф. Дессауэр // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6. – № 3 (21). – С. 390–406. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-390-406.

10. Хабермас, Ю. Теория коммуникативной деятельности: в 2 т. / Ю. Хабермас. – М.: Весь мир, 2022. – 577 с.

УДК 101.1:316

РАЗВИТИЕ НАУЧНОЙ МЫСЛИ XVIII ВЕКА

В.С. Кирюхина

В современных условиях развития науки, технологий и средств массовой информации всё больше и больше возникает потребность в переосмыслении уже известного. Величайшие мыслители эпохи Просвещения задавали вопросы и поднимали на обсуждение проблемы их эпохи, которые остаются актуальными по сей день и являются основой для развития научной мысли XIX века. Автор статьи рассматривает развитие гуманитарной мысли XVIII века через крупнейших мыслителей эпохи Просвещения, обращая внимание на происхождение и государство, где осуществляли свою деятельность учёные.

Ключевые слова: наука, гуманитарная наука, эпоха Просвещения, история науки, профессионализация науки, XVIII век.

Наука в XXI в. переживает новый виток своего бытия. Мы привыкли говорить о науке как о профессиональной деятельности и социальном институте. В современном медиапространстве, в котором сейчас существуют практически все виды деятельности человека наука заняла своё законное место. Научная деятельность давно перестала быть закрытой и сугубо элитарной. Процесс формирования наук как дисциплин прошел долгий путь от

начала профессионализации до институционализации. Начиная с XVIII в., когда науки стали оформляться дисциплины, отходя от схоластических методов к началу формирования экспериментальной науки. Невозможно говорить о науке вне контекста исторического, политического, экономического и общественного, так как все эти сферы жизни общества на прямую влияли (и влияют) на науку и подвержены воздействию с ее стороны.

XVIII век считается началом формирования современной науки и на это есть ряд причин, которые упоминает исследователи Е.М. Лупанова, А.В. Келлер, Г.И. Смагина и др. Бесспорно, становление науки Нового времени было длительным процессом – она еще отчасти была тесно связана со средневековой схоластикой, не противопоставлявшийся тогда академической науке и опытному началу. Однако новые веяния проявлялись в ряде моментов: частичном и постепенном переосмыслении «полезности» наук, повышении статуса «механических искусств» и естествознания; появлении новых способов использования математического и логического инструментария; переориентации знания на материальные, секулярные и антропоцентрические приоритеты; рационализации науки – понимании ее как средства изучения ресурсов и поиска способов их эффективного использования, сохранения и преумножения посредством государственного учета и продуманного управления и институализации науки (появление академий) [5]. Можно привести яркие примеры: Т. Эпинус (явление электризации), А. Цельсий (температурная шкала), А. Лавуазье (количественный метод исследования, исследования атмосферного воздуха, воды и др.), П.-С. Лаплас (математическая физика, алгебра, небесная механика) и др. Гуманитарное знание не отставало от естественного и выдающиеся умы Великобритании, Франции, Германии, а за ними и США сформировали эпоху Просвещения – XVIII столетие. Именно Великобританию принято считать «родоначальницей» века Просвещения. Английское Просвещение имеет ряд ключевых тем – «естественный человек», веротерпимость, гражданское общество, теория свободного рынка и т. п. Выделим лишь несколько имен. Дж. Локк, на десятилетия предопределивший развитие эпистемологии, политической и социальной философии. Хотя фактически он является представителем XVII в., его работы заложили фундамент Просвещения. Д. Юм, идеи которого нашли свое выражение в «Трактате о человеческой природе». Являясь представителем эмпиризма, он вводит понятие «пучок перцепций», как единицу восприятия. Дж. Беркли предвосхитил идеи Э. Маха и А. Эйнштейна, утверждая знаменитое «существовать – значит быть воспринимаемым».

Французское Просвещение привнесло более радикальные идеи – рационализм, жёсткая критика церкви, деизм, общественный договор, энциклопедизм и салонная культура. Французское Просвещение представлено именами Ф. Вольтера – главного вольнодумца Франции и сторонника эмпирического направления в науке, ратовавшего за естественные права че-

ловека и «просвещенную монархию». Д. Дидро – человек, сделавший энциклопедию не просто научным справочником, а системой научного знания своей эпохи. Будучи ярым сторонником материализма и деизма, считал человека неотъемлемой частью природы и объяснял человеческие стремления и желания через природные инстинкты и потребности. Ж.-Ж. Руссо, мыслитель, чьи идея были настолько передовыми, что получили признание и должную оценку уже только после смерти автора [2].

В конце XVIII в. – начале XIX в. формируется Просвещение в Америке, где его виднейшими мыслителями становятся Б. Франклин, Т. Пейн и Т. Джефферсон. В их работах просветительские идеи приобрели более радикальный характер, чем во Франции, воплотившись в ряде официальных документов демократической направленности (Декларация независимости 1776 г., Конституция США 1787 г. и др.), провозглашая принципы: равенство людей перед законом, «определенные неотчуждаемые права, к числу которых относится право на жизнь, свободу и стремление к счастью», и даже «право народа... изменить или упразднить» разрушающую эти принципы форму правления и установить вместо нее новую правительственную власть [8].

Хотя немецкое Просвещение не было столь ярким и выдающимся как французское, тем не менее не было лишено передовых идей и своих особенностей – пиетизм, активное развитие литературы как инструмента влияния на общество («буря и натиск»), идеи «просвещенного абсолютизма» и культ разума. Крупнейшие мыслители Германии, среди которых были Г. Лейбниц (физик) попытался создать динамическую теории мироздания. Л. Фейербах написал, что «философия и математика – науки, которым Лейбниц главным образом обязан своей бессмертной славой, не были, однако, тем единственным, что привлекало к себе и занимало его в юности и в последующие годы. Его интересы были прямо безграничны, его занимали все науки … Он всегда "учился с жадностью", с неутомимой энергией продолжал учиться всю свою жизнь; плодом этого многостороннего или даже всестороннего образования был его неизмеримый, повсюду поспевающий, удивительный энциклопедизм; этот энциклопедизм поражал не столько своим охватом, сколько качественно, ибо это не было многознайством, как мертвое достояние памяти, это была гениальная творческая энциклопедичность. Его голова вовсе не походила на гербарий; его знания были осмысленны, они побуждали его к плодотворной работе …» [9]. Х. Вольф предпринял дедуктивную систематизацию всего эмпирического опыта, накопленного науками к XVIII столетию. Именно в мыслящем рассудке и достигаемом им знании он усмотрел основное средство просвещения, образования и воспитания, подчеркивая, что всегда стремится сам к достоверному познанию того, что служит благу человеческого рода, к применению найденных им истин для пользы людей [10]. И. Кант смог остановить спор эмпириков и рационалистов благодаря свое теории познания.

Без сомнений, в это же время происходят тектонические сдвиги в науке России. Русское Просвещение появилось в ответ на встречу с западной культурой, как «постоянный диалог с Другим с целью самопознания» [6].

Первая половина XVIII в. представляет важную веху в развитии общественного сознания, связанную с формированием светского знания, рационалистических и научных идей [7]. Этот был тот период, когда русская философская мыль делает разворот от богословия в сторону деизма. Он ознаменован деятельностью Ф. Прокоповича, М. Ломоносова, В. Татищева, А. Кантимира и др. Их идеи и мысли повлияли на ход развития науки России, когда впервые разделялись философия и богословие.

Вторая половина XVIII в. – века Просвещения благотворно влияла на развитие Российской империи. Сама императрица Екатерина II, буду одной из самых высокообразованных женщин своей эпохи, вела переписки с выдающимися умами своего времени: Вольтером, Дидро, Гриммом и д'Аламбером, оказавшими влияние на её воззрения и убеждения. Вместе с тем, философская мысль второй половины XVIII в. испытала на себе влияние социальных перемен (восстание Емельяна Пугачёва, размышления А.Н. Радищева и т. п.).

В целом XVIII в. для гуманитарных наук был веком больших изменений.

История институцианализоровалась как наука и перестала быть просто хроникой событий; начали появляться первые большие историографические работы; усиление проверки подлинности исторических документов; распространение идеи прогресса истории человечества.

Идет активное развитие политической экономии. Физиократия, меркантилизм и классическая политическая экономия – три вехи развития экономической мысли. Представители классической политической экономии являлись ярыми сторонниками экономического либерализма и полной свободы предпринимательства. Они были первыми, кто предложил систему взаимосвязанных законов и категорий для изучения экономики.

Филология и лингвистика активно развивались. Знакомство европейских ученых со множеством разных языком, в том числе и со санскритом, поставило перед ними большую задачу – выявить, определить и понять причины сходства столь разных языков. Более того, сами философы обращали внимание на язык [4].

Эпоха Просвещения и деятельность просветителей в лице выдающихся учёных своего времени принесли в мир науки принципиально новое понимание реальности, открывающее широкие возможности – человек может не только познавать окружающий мир, но и активно воздействовать на него и подчинять его себе. Завершалась институционализация науки и формировался диалог ученых, что способствовало изменению и восприятия науки в социуме.

Библиографический список

1. Большая Советская Энциклопедия: меркантилизм. – URL: https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/075/639.htm (дата обращения: 04.04.2026)
2. Длугач Т.Б. Жан-Жак Руссо: философ и писатель / Т.Б. Длугач // Ценности и смыслы. – 2012. – № 4. – С. 36–42.
3. Кондратьев Н.Д. Избранные сочинения / Н.Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 1993.– 542 с.
4. Лекция 4. Языкознание эпох Возрождения и Просвещения. – URL: https://edu.vspu.ru/doc/user/2587/1380/IYA-Lektsiya-4-2016.pdf (дата обращения: 06.04.2026)
5. Лупанова Е.М. Научные исследования XVIII в: приоритеты и практическая значимость / Е.М. Лупанова // Вестник Брянского государственного университета. – 2024. – № 2. – С. 86–95.
6. Львов А.А. Русское просвещение как феномен современности / А.А. Львов // Философский полилог. – 2021. – № 2. – С. 74–87.
7. Македонская В.А. Русская общественно-философская мысль первой половины XVIII в. / В.А. Македонская, М.С. Хотеева. // Вестник ТГУ. – 2011. – № 1.– С. 49–52.
8. Семенюк В.А. Европейская философия XVII–XVIII веков: учебное пособие для студентов, магистрантов и аспирантов / В.А. Семенюк. – Минск, 2009. – 61 с.
9. Фейербах Л. История философии / Л. Фейрбах. – М., 1967. – Т. 2. – С. 120.
10. Христиан Вольф и его последователи. – URL: filisof.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000005/st091.shtml (дата обращения: 09.04.2026)
11. Что такое меркантилизм в политике и экономике. – URL: http://journal.sovcombank.ru/glossarii/chto-takoe-merkantilizm-v-politike-i-ekonomike (дата обращения: 04.04.2026)

УДК 101.1:316

КОМПЕНСАТОРНАЯ ФУНКЦИЯ МУЗЕЙНОЙ ИНСТИТУЦИИ: К ПОСТАНОВКЕ ВОПРОСА

О.И. Просвирнина

В метамодернистских реалиях XXI века и в условиях развития искусственного интеллекта, цифровой революции, возрастания роли информации во всех общественных процессах, изменению подвергаются формы взаимодействия людей, организаций и сообществ. Это провоцирует функциональные трансформации социокультурных, политических, экономических и других институций. Проблемным становится вопрос функциональной значимости музейной институции в современном социуме.

Автор статьи предполагает, что согласно положениям компенсаторной теории современной культуры, изложенным в работах Германа Люббе и Одо Маркварда, современные музейные институции выполняют функцию компенсации утраты ценностей прошлого для социума настоящего.

Описаны тенденции развития музея, рассмотрены причины и предпосылки функциональных изменений, обосновываются проблемность и противоречивость роли музейных практик в контексте современных экзистенциальных вызовов и угроз для человека.

Ключевые слова: музейная институция, компенсаторная теория, компенсаторная функция, метамодерн, постмодерн, модерн, экзистенциальные вызовы.

Введение

Процессы модернизации или «осовременивания» человеческих обществ в разные периоды истории содержательно характеризуются качественными изменениями.

Например, в экономике в начале XX века происходит переход от мануфактурного производства к фабрично-заводскому, развиваются рынки и рыночные отношения. Общественные взаимодействия преимущественно перестраиваются в полигамию и конформизм, иллюстрируя установление «нормальностью» альтернативных моделей институтов семьи и брака. В политической среде на рубеже XX–XXI веков новой организационной формой участия граждан в принятии решений становится «электронная демократия» при цифровизации избирательного процесса. Консюмеризм [10] и гедонизм, становятся императивами в культуре.

Все перечисленные изменения философы обосновывают последовательной сменой культурных парадигм от модернизма через постмодернизм к постпостмодернизму или метамодернизму [5]. Обозначенные тенденции обостряют ряд философских вопросов, в том числе, о функциональной роли музейной институции в современном социуме.

Актуальность

Актуализируется вопрос о музее как социокультурной институции в современном обществе рядом факторов.

Во-первых, наблюдается интенсивный прирост численности музеев разной направленности и активизация процесса музеефикации реальности в мире и в России, в частности, начиная еще с 1920-х гг. [4]. Растет и количество посещений федеральных музеев. Так, «в 2025 г. эта цифра возросла на 10 млн по сравнению с предыдущим годом», – заявила в августе прошлого года директор департамента музеев Минкультуры Елена Харламова [9].

Во-вторых, неоднозначность трактовок определения современного музея и рост исследовательского интереса к этому проблемному полю в научном сообществе. К примеру, в августе 2022 года на Генеральной Ас-

самблее ICOM дискуссионным остался вопрос о внесении изменений в определение на международном уровне понятия «музей». С 1970-х гг. формулировка закрепляла, что «музей – это некоммерческие институции», которые «служат делу общества» и занимаются «приобретением, хранением, исследованием, популяризацией и экспонированием материального и нематериального наследия человечества и его окружения в целях образования, изучения и развлечения» [8]. Трактовка музея в рамках работы Генеральной Ассамблеи ICOM [6], прошедшей в 2022 году, была принята такой, что вызвало критику большинства участников международного сообщества. К примеру, на дискуссионность принятого определения музея указывали: Бруно Брюлон, сопредседатель ICOM Define, комитета по дефиниции; Инкьюнг Чанг, директор-основатель Музея железа в корейском Сеуле и вице-президент ICOM Korea; Мутони Тангва, директор по развитию Национальных музеев Кении и спикер международного комитета ИКОМ [8].

В-третьих, расширение со временем функционала музея как социокультурной институции от традиционного «хранителя прошлого» к «коммуникатору и конструктору» будущего.

Целью статьи является обоснование и описание компенсаторной функции музейной институции с учетом метамодернистских реалий. Для достижения цели были применены историко-сравнительный и структурно-функциональный методы анализа, а также анализ научной литературы в области социальной философии, философии культуры. В качестве гипотезы исследования выдвигается тезис о соответствии идеи современного музея как институциональной формы мировоззренческим установкам социума второй половины XX – начала XXI в. Материалом для теоретического осмысления проблемы послужили идеи Германа Люббе и Одо Маркварда.

Постановка проблемы

Музеи как культурные институции, сохраняющие опыт прошлых поколений, «сшивающие» прошлое и настоящее, способствующие «институциализации исторической памяти», появляются и получают развитие в начале 90-х гг. прошлого века. Будучи институциями пространства социума, музеи выполняли значимую роль в политическом будущем человека в глобальном измерении. Речь идёт о функциях музея, которые способствуют формированию идентичности (региональной, национальной, цивилизационной), воспитанию паттернов поведения в определённой культуре и сохранению архетипичных образов в памяти будущих поколений.

На пике научно-технической революции и развития индустриального общества, музеи предстали в образе пережитков прошлого и начали трактоваться как факторы общественной культуры и жизни, которые мешают развитию, прогрессу, модернизации [7, с. 11]. В этом контексте в постмодернизме появляются идеи, обосновывающие функциональные изменения культуры, как сферы человеческой деятельности. Мы же рассмотрим этот

вопрос, применительно к функциональным изменениям современного музея в социуме.

Результаты исследования

Подробному анализу рассматриваемой проблемы посвящены научные труды Иохима Риттера, Германа Люббе и Одо Маркварда, ставшие методологической базой исследования.

Однако размышления о неоднозначной роли музейной институции в эпоху постпостмодерна (метамодерна) можно описать еще и через призму негативной диалектики Т.В. Адорно [2]. Критикуя функцию «умерщвления» искусства и экспонатов в музее, автор концепции утверждает, что музей – это кладбище идей и вещей когда-то «отчуждённых» у своих обладателей. «Немецкое слово музейный (museal) имеет неприятный оттенок. Оно описывает предметы, с которыми зритель более не имеет живой связи и которые находятся в процессе умирания. Они обязаны своим сохранением больше исторической ценности, чем потребностями настоящего. Музей и мавзолей связаны не только фонетической ассоциацией. Музеи – это фамильные усыпальницы произведений искусства» [1, с. 23]. В соответствии с подобным заявлением, целесообразно рассматривать музейные институции как рудиментные социокультурные учреждения. Поскольку это так, закономерно выяснить, чем допустимо обосновать обращение к музейным формам представления «истории памяти» («Россия – моя история») или «цивилизационным достижениям» в Большом музее Египта (Grand Egyptian Museum/GEM)? На это противоречие, как важнейшее положение в постпостмодернизме, выраженное обращением человека к прошлому, вместе с тем при отказе от него, указывает концепция Риттера, где: «Риттер работает с моделью культуры, в которой два полюса (*прим. автора «прошлое» и «настоящее»*) стимулируют развитие друг друга, но при этом находятся в постоянном конфликте. Продуктивность этого конфликта будет максимальной в том случае, если в культуре легитимировано наличие обоих полюсов» [7, с. 6]. Легитимация существования в социуме одновременно и «прошлого» и «настоящего» достигается функциональной трансформацией общественных институтов, например, музея. Институция музея становится «учреждённым порядком сообщественного бытия», субъектом, компенсирующим нарушение связей и заполняющий смыслами вакуум, сформировавшийся временными и пространственными разрывами поколений.

«Понятие «компенсации», как показывает О. Марквард, восходит к натурфилософскому допущению существования естественного баланса сил в природе (balance naturelle). В натурфилософских концепциях нанесение ущерба сопровождается и выравнивается компенсацией на основании принципа «экономии природы»» (Oekonomie der Natur) [7, с. 7].

В работе «В ногу со временем. Сокращенное пребывание в настоящем» Г. Люббе компенсаторный механизм культуры и ее учреждений, направ-

ленных на «консервацию прошлого» (библиотеки, архивы, музеи, памятники культуры...), объясняется «утратой привычности, обусловленной темпом изменений» [3, с. 11].

Все идеи «компенсации» ценностных утрат предшествующего опыта в современном обществе авторы связывают со стремительным развитием настоящего: технологии, пространственные перемещения, временные сокращения в общении и достижения результата человеческой деятельности. «Главная проблема, которая здесь возникает, – это проблема ориентации: наука не выполняет мировоззренческих функций (Люббе), опыт в современном мире слишком быстро устаревает (Марквард), предсказать изменения мира становится все проблематичнее в связи с «сокращением настоящего» (Люббе). В этой ситуации неопределенности и нестабильности появляется запрос на стабильные, неизменные ориентиры, возникает потребность в ориентации на искусственно созданные константы, на принципы, которым следуют «вопреки всему». Через эти ориентиры и осуществляется процесс культурной самоидентификации» [7, с. 18]. Эти задачи в социуме реализует современный музей, выполняя компенсаторную функцию в условиях сжатия настоящего и экзистенциальных угроз будущего.

Выводы

Таким образом, вопрос эффективности компенсаторных механизмов и функций музейной институции общества постпостмодерна в условиях темпоральных разрывов и экзистенциальных вызовов остаётся актуальным и перспективным для более детального исследования. Выработка способов компенсации и рационализации пространственно-временных разрывов настоящего, прошлого и будущего в практиках современного музея становится приоритетной задачей для преодоления безвозвратной утраты ценности опыта предшествующих поколений.

Библиографический список

1. Адорно, Т. Музей Валери-Пруста / Т. Адорно; пер. с нем. С. Ромашко // Художественный журнал. – 2012. – № 88. – С. 23–32.

2. Бирюкова, М.В.Эволюция кураторских проектов второй половины XX века в контексте теории и философии культуры: специальность 24.00.01: дис. … д-ра культур. / Бирюкова Марина Валерьевна. – СПб., 2017. – 304 с.

3. Люббе, Г.В ногу со временем. Сокращенное пребывание в настоящем / Г. Люббе; пер. с нем. А. Григорьева, В. Куренного; под науч. ред. В. Куренного; вступ. ст., сост. указ. В. Куренного, М. Румянцевой. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2016. – 456 с.

4. Мазур, Л.Н. Эволюция музейной сети России в XX – начале XXI в.: историко-статистический анализ / Л.Н. Мазур // Культура и взаимодействие народов в музейных, научных и образовательных процессах – важнейшие факторы стабильного развития стран Евразии: сб. науч. тр.: в 2 ч. / отв. ред.: М.Л. Бережнова, А.А. Ильина, С.Н. Корусенко. – Омск: Издат. дом «Наука», 2021. – Ч. 2. – С. 80–87.

5. Морозова, Е.В. Философские идеи постмодернизма и метамодернизма в развитии современного музея / Е.В. Морозова // Вестник Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина. – 2021. – № 3. – С. 93–105.

6. Официальный сайт Генеральной Ассамблеи ICOM. – URL: https://icom.museum/en/about-us/general-assembly/ (дата обращения: 18.04.2026).

7. Румянцева, М.В. Компенсаторная теория в работах Германа Люббе и Одо Маркварда: препринт WP20/2014/06 / М.В. Румянцева. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. – 32 с.

8. Сеймур, Т. Принято новое определение понятия «музей» // The art newspape. – URL: https://www.theartnewspaper.ru/posts/20220826-jord/ (дата обращения: 18.04.2026).

9. Эффект музея: в чем потенциал современных «хранилищ артефактов» // Ведомости. – URL: https://www.vedomosti.ru/gorod/ culturalcity/articles/sovremennih-hranilisch?from=copy_text (дата обращения: 18.04.2026).

10. Яковлева, Е.Л. Амбивалентные черты идеологии консюмеризма: философский аспект проблемы / Е.Л. Яковлева // Russian Journal of Economics and Law. – 2022. – Т. 16. – № 4. – С. 702–715.

УДК 101.1:316

ОСОБЕННОСТИ ОТЧУЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ

П.С. Рагозин

Современное общество – общество, сконструированное цифровыми техникой и технологиями в процессе медиатизации и платформизации. Как следствие, результат развития, усложнения и дифференциации деятельности человека начинает «производить» самих общество и человека, создавая благоприятные условиях для порождения новых форм отчуждения. Особенность отчуждения в мире цифровой реальности – формирование человека нового типа (homo digitalis), способного пребывать одновременно в актуальной и виртуальной реальностях, сосуществование которых спровоцировано тотальным диктатом медиа.

Ключевые слова: индустриальное общество, информационное общество, цифровизация, гибридная реальность, технико-технологическая среда, отчуждение.

Актуальность

Вторая половина XX столетия оказалась довольно революционной в трансформациях социальной реальности – от общества индустриального к информационному и постинформационному, которое все чаще исследователи описывают как цифровое [1–4]. Они видят в информации, технике и технологиях особенность, позволяющую создать специфическую среду

бытия человека в постоянно порождающейся гибридной реальности. Несомненно, непрерывно становящаяся гибридная реальность содержит в себе черты реального и виртуального миров, граница между которыми становится едва различимой. Более того, мир виртуальный оказывается способным «поглощать» мир реальный, задавая его видение. Теперь «стало практически невозможно различить актуальную и виртуальную реальности в потоке образов экрана, предлагающего в огромном количестве стандарты и образцы не только поведения, но и мысли» [5, с. 14]. Социум существенно трансформируется и его основные атрибуты проявляются в новых очертаниях. Одним из них следует назвать отчуждение, сопровождающее человека в процессе развития и усложнения его деятельности, привлекающее внимание значительного числа исследователей (С.И. Дудник, В.А. Иноземцев, А.Л. Крайнов, Ж. Бодрийяр, М. Кастельс, Б. Латур и др.).

Следует отметить, что проблематика отчуждения не нова для социально-философской рефлексии – к нему обращались и мыслители прошлого, и современности (Платон, Т. Гоббс, Г. Гегель, К. Маркс, Ж. Бодрийяр, Дж. Ваттимо, Э. Дюркгейм, Б. Латур, Н.А. Бердяев, И.И. Кальной, В.Е. Кемеров, Д.В. Пивоваров, Е.О. Труфанова и др.). Однако в условиях мира настоящего времени, «сжатого» до «здесь и сейчас», отчуждение обретает новые характеристики, предлагая вместо человека «соблазны иллюзии и видимости» иной по своей природе субъектности в лице технологии искусственного интеллекта [6, с. 33].

Результаты исследования и их обсуждение

Отчуждение представляет собой сложное явление, которое формируется и развивается, подвергаясь постоянным изменениям в процессе человеческой деятельности, приобретая всевозможные формы.

Научно-технический прогресс и последовавшая за ним научно-техническая революция, разворачивающиеся в последней трети XX столетия обострили вызовы отчуждения, прозвучавшие тревожно еще в первой половине века ушедшего, когда «мы... понимаем, насколько чуждым нам и независимым от нас является даже камень; как сильно от нас отрекается природа и даже самый привычный пейзаж,...мы воспринимаем лишь осязаемость и отчужденность мира…» [7, с. 27]. Техногенность и технологичность современного искусственного мира стремятся «сконструировать» человека, «применяя» новые лекала в виде различного рода ИИ-ассистентов как подневольного роботу, что неизбежно порождает отчуждение человека от общества и порой от самого себя. Возникает «метафизический соблазн», выражающийся в «популярном в последнее время пресловутом тезисе "цифровое значит реальное"» [7, с. 119].

В современном мире пространство и время ускоряясь, усложняют субъектность человека, часто «предлагая» ему отказаться от нее, что является основанием существования его самого [9]. Человек, обладающий субъектностью характеризуется, прежде всего, целеполаганием, способностью к

творчеству, свободой выбора, ответственностью за свои действия и их результаты. Иными словами, «быть субъектом означает быть "творцом своей истории", инициировать и осуществлять все виды специфически человеческой активности, познавательной, творческой и нравственной» [10, с. 3]. Потеря субъектности чревата своими последствиями – субъект способен превратиться в объект.

В настоящее время отчетливо фиксируется тенденция к передаче своих субъектных характеристик человеком машине. Следует заметить, что данные, которыми они (машины) оперируют достаточно велики и превосходят возможности человека в их обработке [11]. Яркий пример тому, как технология искусственного интеллекта начинает претендовать на субъектность, вытесняя человека из многих сфер деятельности путем замены его новым – существующим фактически – агентом и делая его ведомым. Человек лишается свободы выбора и проявления самостоятельности в принятии решений, поскольку так называемые ИИ-помощники «предлагают» свое видение мира, подавляя рационально-критическое мышление и задавая новые правила и нормы деятельности. Постепенно формируется цифровое отчуждение, способное довольно легко исключать человека из социума.

Феномен цифрового отчуждения описывается современной литературой, как ситуация усиливающегося «давления» на человека со стороны алгоритмов и платформенных экосистем, когда они, перерабатывая и предлагая большие данные в качестве инструментов создания знаково-символических образов реальности (или симулякров), искажают актуальную реальность. Как следствие, происходит перекодирование социокультурной матрицы, усиливающее асимметрию восприятия и требуя непрерывного пересмотра мира реального, который беспрерывно обновляется данными. В конечном итоге, это ведет к «дегуманизации личности и деградации общества в целом» [12, с. 11].

Цифровые новации или их производные в условиях тотального господства платформ порождает специфический вид человека, как некий продукт его симбиоза с информационно-коммуникационной техникой и технологиями. Самостоятельность выбора сменяется иллюзией выбора, который осуществляют Сети.

В этом и таится главная особенность отчуждения в мире цифровой реальности – постоянный доступ к Сети. В противном случае становится невозможным проявлять какую-либо активность – работать, учиться и отдыхать. Сеть представляет собой нечто, образующее то, что отчуждает человека, ибо она обретает самостоятельное существование, независимо от своего создателя, как нечто инородное и противостоящее ему самостоятельной силой, когда «жизнь, сообщенная им предмету, выступает против него как враждебная и чуждая» [13, с. 88–89].

Цифровые алгоритмы организуют социальную реальность, ввергая человека и общество в конструируемое общество новых дисциплинарных прак-

тик – они не только предлагают информацию, но и дают им необходимую интерпретацию, манифестируя что и как им нужно знать и применять.

Алгоритмический отбор, обработка и оценка информации создают безграничные условия для манипуляции, порождая «платформенный капитализм» как специфическую онтологическую систему, колонизирующую сферу материального производства и духовного мира человеческого существования: «Произошло отчуждение мысли от человека, который утратил потребность прикладывать усилие, чтобы думать. Возник цифровой гедонизм, который определил мимолетность, случайность человеческих состояний в новой реальности. Большие данные не только анализируют скрытые качества человеческой личности, но и прогнозируют ее поведение и даже принимают за нее решения. Социум превратился в массу бессмысленных единиц» [14, с. 44]. Однако мир не стал более безопасным и комфортным для человека, наоборот, он стал еще таинственнее, изменчивее и неопределеннее.

Заключение

Сформировавшиеся устойчивые оптимистические или полярные им пессимистические взгляды на цифровое отчуждение пока остаются преобладающими в научной литературе, предполагая дальнейшее осмысление и отказа от односторонности в его оценке.

Новая социальная реальность генерирует новые формы отчуждения, продиктованные цифровизацией и медиатизацией жизни современного социума, характеризующиеся формированием зависимости от алгоритмов техники и технологий. Снижается уровень автономности человека в принятии решений и выборе стратегий деятельности, поскольку в пространстве гибридной реальности субъектом становится не только человек целостный, но и его отдельные репрезентации, сконструированные виртуальной личностью, а также нечеловеческие агенты, образованные алгоритмами сети.

Цифровое отчуждение становится вызовом для человека-субъекта, ответить на который способен только он сам.

Библиографический список

1. Белл, Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования / Д. Белл; пер. с англ. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Academia, 2004. – 788 с.

2. Кастельс, М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура / М. Кастельс; пер. с англ. под науч. ред. О.И. Шкаратана. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 608 с.

3. Колядко, И.Н. Цифровая трансформация общества и культуры: особенности формирования медиареальности / И.Н. Колядко // Журнал Белорусского государственного университета. Философия. Психология. – 2024. – № 3. – 23–28.

4. Багдасарьян, Н.Г. «Цифровое общество»: концептуальные подходы, проблемы и перспективы / Н.Г. Багдасарьян, А.Л. Кравченко // Знание. Понимание. Умение. – 2023. – № 2. – С. 47–59. DOI: 10.17805/zpu.2023.2.4.

5. Прилукова, Е.Г. Пересборка идеи университета / Е.Г. Прилукова, О.В. Белкина // Инновационное развитие профессионального образования. – 2025. – № 3 (47). – С. 11–18.

6. Бодрийяр, Ж. Соблазн / Ж. Бодрийяр; пер. с фр. Алексея Гараджи. – М.: Ad Marginem, 2000. – 319 с.

7. Камю, А. Миф о Сизифе / А. Камю // Камю А. Миф о Сизифе; Бунтарь. – Минск: ООО «Поппури», 2000. – 544 с.

8. Васюков, В.Л. Цифровая онтология и цифровая герменевтика / В.Л. Васюков, Е.Н. Шульга // Вопросы философии. – 2024. – № 4. – С. 116–125. DOI: 10.21146/0042-8744-2024-4-116-125.

9. Кульжанова, Г.Т. Субъектность человека в трансформационных условиях общества знания: от пассивного потребителя к активному созидателю / Г.Т. Кульжанова, Е.Г. Прилукова // Jete – Journal of Philosophy, Religious and Cultural Studies. – 2025. – Vol. 153, no. 4. – С. 60–76. DOI: 10.32523/3080-1281-2025-153-4-60-76.

10. Брушлинский, А.В. Проблема субъекта в психологической науке / А.В. Брушлинский // Психологический журнал. – 1991. Т. 12. – № 6. – С. 3–11.

11. Брянцева, О.В. Проблема субъектности искусственного интеллекта в системе общественных отношений / О.В. Брянцева, И.И. Брянцев // Вестник Поволжского института управления. – 2023. – Т. 23, № 3. – С. 37–50. – DOI: 10.22394/1682-2358-2023-3-37-50.

12. Даренская, В.Н. Отчуждение как феномен разрушения социокультурной традиции / В. Н. Даренская // Гуманитарный вектор. – 2023. – Т. 18, № 2. – С. 8–17. – DOI: 10.21209/1996-7853-2023-18-2-8-17.

13. Маркс, К. Экономическо-философские рукописи 1844 года / К. Маркс // Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. В 50 т. Т. 42. – М.: Издательство политической литературы, 1974. – С. 41–174.

14. Фортунатов, А.Н. Цифровая толпа и цифровой гедонизм: постбытийность информационного общества / А.Н. Фортунатов // Философия и гуманитарные науки в информационном обществе. – 2019. – № 4. – С. 44–52.

УДК 130. 123.4
ББК Ю63

АНТИНОМИИ ОБЩЕНИЯ И ОДИНОЧЕСТВА В РУССКОЙ ФИЛОСОФСКОЙ МЫСЛИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX СТОЛЕТИЯ

Д.С. Финогенов

Антиномический метод исследования важнейших социальных проявлений бытия становится сегодня все более актуальным. Применение данного метода в философии имеет длинную предысторию. Антиномический метод наиболее широко и продуктивно использовался в русской религиозно-философской мысли первой половины XX века. Помимо фи-

лософских тем сугубо религиозного содержания, русские философы интенсивно применяли антиномический метод при рассмотрении проблем общения и одиночества. При этом выявлялась важная специфика трактовки философами как содержания избранной ими темы, так и метода ее исследования.

Антиномичность сферы общения людей и такого измерения человеческого бытия как одиночество в современных научных работах не были пока предметом специального философского исследования. Цель статьи – раскрыть эвристический потенциал метода антиномий для современных исследований общения и одиночества.

Ключевые слова: антиномизм, общение, одиночество, объективация, взаимопроникновение при раздельности.

Антиномический подход при философском исследовании социальных процессов в последние десятилетия становится все более популярным. Этот подход встречается в десятках диссертационных и монографических исследований. Но так было не всегда. Антиномическая диалектика была предметом критики в марксистской философии. В современных условиях одновременно с критикой диалектики марксизма резко возрос интерес к иным формам диалектики, в том числе и к диалектике антиномического мышления. Поэтому возрос интерес к представителям отечественной религиозной философии, активно разрабатывающими этот метод в прошлом: П.А. Флоренскому, С.Л. Франку, Н.А. Бердяеву, С.Н. Булгакову, А.Ф. Лосеву и другим. Вслед за Павлом Флоренским, помимо антиномий сознания исследователей стали все более интересовать «жизненные антиномии» – антиномии самого окружающего мира.

Суть антиномического подхода выявляется в его сравнении с рационалистической диалектикой. Четкую дефиницию антиномического метода, выражая его специфику по отношению к рациональной диалектике, дает в ряде своих работ Д.В. Пивоваров: «Антиномизм – принцип и метод философского познания и (или) изложения полученных выводов, основанных на широком использовании парадоксов, противоречий между одинаково доказуемыми суждениями <…>. Внешне антиномизм схож с диалектическим методом, поскольку предполагает сталкивание и взаимоотражение противоположностей; однако по своей сути он во многом отличается от западной диалектики. Предмет антиномического исследования – бесконечное целое, в котором как-то опосредованы полярные противоположности <…> в силу равной обоснованности опытом и логикой, все стороны антиномии (апории, дилеммы, диалектическое противоречия) должны быть оценены как относительно истинные и проблемно – в оговариваемых пределах – отождествлены друг с другом» [1, с. 32]. Сверхсистемное и металогичное целое – предмет интуиции, а не рационалистического систематизма. Вот что находится в центре внимания антиномического метода.

Обращение непосредственно к оригинальным текстам русских мыслителей, несмотря на очевидную идентичность понимания ими сущности антиномизма, невольно сопровождается интуитивным ощущением вариативности его трактовок в зависимости от области его применения. Так, С.Н. Булгаков прибегал к антиномической диалектике при анализе антиномий религиозного сознания, при анализе божественного ничто, при размышлениях о боговоплощении, спасении и пр. С.Л. Франк использовал свой метод антиномического монодуализма значительно шире. Трансрациональное познание включает у него и исследование проблемы общения. Это приобретает для нас особый смысл. В свою очередь для П.А. Флоренского метод антиномизма вообще имеет универсальное значение. «Истина есть антиномия, и не может не быть таковою» [2, с. 147]. Она не боится опровержений и готова сама свидетельствовать против себя. Не правда ли, это рассуждение очень напоминает «принцип фальсификации» Карла Поппера, сформулированный ученым десятилетия спустя. В основе гносеологии антиномизма лежат «жизненные антиномии». Таким образом, и сама реальность насквозь антиномична.

Несмотря на то, что сам термин антиномия довольно поздний (И. Кант – 1781 г.), настолько ранней выступала сама идея само-противоречивости рассудка. Историю возникновения и развития идеи антиномизма Флоренский прослеживает от «Книги Иова» и античных мыслителей до философии Нового времени.

Характерный для русской религиозной философии в целом, антиномический метод широко применялся в процессе анализа фундаментальных онтологических оснований общения П.А. Флоренским, С.Л. Франком, Н.А. Бердяевым.

В отечественной философии пионером в деле применения антиномического метода выступал П.А. Флоренский (1882–1937). В 1914 году он опубликовал книгу «Столп и утверждение истины» [2]. В этом произведении наибольший интерес для нас представляют: «Письмо одиннадцатое: Дружба» и «Письмо двенадцатое: Ревность». В этих письмах, при помощи антиномической методологии, анализируются вопросы дружбы, любви и ревности. Указанные экзистенциалы человеческого бытия неоднократно исследовались многими, но Флоренский дает им новую интерпретацию. При этом она актуальна для настоящего времени. Такова антиномическая концепция «трагической дружбы». «Дружба, – писал философ, – дает высшую радость, но она же требует и строжайшего подвига. Каждый день, час и минуту, со скорбью погубляя душу свою ради Друга, Я в радости обретает ее восстановленной» [2, с. 456]. Флоренский вместо чрезвычайно распространенной *психологической* концепции ревности сосредоточивает наше внимание на *онтологическом* ее аспекте. Это, по его мнению, высшее проявление исключительной любви и дружбы. Ревность как *рвение*, как преданное служение и верность единственному. «Чтобы понять ревность в

собственной ее природе, – утверждал Флоренский, – надо еще теснее связать ее с любовью ввести в самое сердце любви и, подчеркнув личную природу любви, вскрыть, что ревность есть сама любовь, но в своем «инобытии»; нам надо обнаружить, что ревность есть необходимое условие и непременная сторона любви, – но обращенная к скорби –, так что желающий уничтожить ревность уничтожил бы и любовь» [2, с. 469].

Таким образом, П.А. Флоренский, опираясь на антиномическую методологию, раскрывает тончайшие стороны духовного общения людей.

Среди упомянутых авторов, в контексте нашего исследования, наибольший интерес вызывает Семен Людвигович Франк. Он разработал оригинальную концепцию названную им *антиномическим монодуализмом*. В ней Франк самое пристальное внимание уделил методологии антиномизма. Будет не лишним заметить, что само понятие монодуализм, сочетающее в себе монистический и дуалистический подходы, глубоко антиномично. Антиномический метод Франк «оттачивал» на протяжении десятилетий в целом ряде своих работ. Наиболее развернутую его трактовку он представил в своей книге «Непостижимое» [3]. Франк относил такую, совершенно повседневную с позиций здравого смысла реальность как общение, к разряду непостижимого. Причем, такого рода непостижимого логическими, рациональными средствами о котором мыслитель XV века Николай Кузанский говорил: «Attingitur inattingibile inattingibiliter» (Недостижимое достигается через посредство его недостижения). Наша ссылка на Кузанца не случайна, ибо Франк считал его некоторым образом своим единственным учителем философии. Таинственная сущность общения выражена у Семена Франка сокровенной антиномической формулой: «взаимопроникновение при раздельности» или иначе: «взаимопроникновение раздельного». Антиномичны и размышления Франка над вопросом, что следует считать некоей первичной категорией: «я» или «мы». Исходя из принципа «и то и другое» и «не то и не другое», автор осуществляет свободное «витание» над обеими противоположностями. «Каждое из этих двух начал, – писал Франк, – предполагает иное и немыслимо вне бытия иного; «я» так же немыслимо иначе чем в качестве члена «мы», как «мы» немыслимо иначе чем в качестве единства «я» и «ты». Духовное бытие имеет два соотносительных аспекта: оно есть раздельная множественность многих индивидуальных сознаний и вместе с тем их нераздельное исконное единство» [4, с. 52].

В своей философии общения С.Л. Франк опирался на традиции отечественной философии: на концепции всеединства и соборности. Поэтому бытие «мы» было исследовано им досконально. Этой категории в западной философии всегда оказывалось недостаточно внимания. Исключение составляли исследования немногих, например, Хосе Ортеги-и-Гассета и Педро Лаина Энтральго. Даже в диалогической онтологии Мартина Бубера, для которого одинаково неприемлемы и индивидуализм и «дряхлеющий коллективизм этой катгеории не уделяется должного внимания.

Размышляя об общении невозможно обойти учение Франка о двух формах «я – ты» отношения. Франк предлагает читателям не смешивать общение с некими благостными, идиллическими отношениями. Напротив, рассуждает философ, в общении человек сталкивается с потенциальной угрозой своему непосредственному самобытию. Человеку противостоит не объект, а ему подобная реальность. Противостоит пугающий образ двойника, другое я. Воздействие «ты» способно погружать личность в состояние несвободы. «Я» как бы отступает вглубь самого себя и в этом отступлении, защищаясь от вторжения, формируется личность, формируется уникальное самобытие личности. Это отступление продолжается до определенного предела, и продавить его далее становится невозможным. Устанавливается определенная граница проникновения при раздельности.

Эта форма «я ты» отношения выглядит непосредственно в первоисточнике более чем мрачно. Кажется, что философ чересчур сгущает краски. Но как только мы знакомимся со второй формой, то попадаем в отрадную реальность. В ней наше непосредственное самобытие «…узнает в «ты» успокоительную отрадную ему реальность *сходного, сродного, родного* ему – некую свою *родину…»* [3, с. 366]. В итоге читатель понимает, что в этих формах ему предлагают некие «идеальные типы». В реальном общении оба рассмотренных момента представлены в антиномическом единстве.

С позиций антиномического монодуализма уместно решать современные вопросы философии общения. К их числу, например, относится дискуссия относительно различных оценок полноценности виртуального общения в сети в его соотношении с реальным общением «лицом к лицу». Безусловно, абстрактной истины нет. Истина всегда конкретна. Известно, что все зависит от обстоятельств времени и места. Но антиномический подход к различным сочетаниям этих обстоятельств может быть весьма продуктивным. Сказанное вполне может быть экстраполировано на часто воспроизводимую проблему о том, считать ли общение деятельностью, либо условием и подсистемой каждого из видов предметной деятельности. Как гласит формула антиномического монодуализма: «и то и лругое, не то и не другое». Общение «вплетенное» в предметную деятельность обслуживает ее и является подсистемой и условием осуществления, но одновременно самоценно для его участников и выступает в качестве «общения ради общения». Там, где речь идет об общении как о деятельности осуществляемой исключительно ради тех ценностей, которые она в себе содержат, нельзя сказать, что она беспредметна, но цели ее иные, чем у предметной деятельности.

Особое место среди антиномических по ее методологии произведений об общении и одиночестве занимает книга Н.А. Бердяева (1874–1948) «Я и мир объектов. Опыт философии одиночества и общения», изданная в Париже в 1934 году. Уже издана Мартином Бубером гениальная философская поэма «Я и Ты» (1922) и возникает определенный диалог между идеями, высказанными авторами. Метод антиномизма широчайшим образом пред-

ставлен в этой работе Бердяева. Впрочем, и в других своих работах он не чуждается этого метода. Но в данном произведении он представлен в изобилии. Личность философ рассматривает сквозь оптику ее существования и сущности. В ней (в личности) присутствует парадокс антиномического совмещения изменения и неизменности, времени и сверхвременного, конечного и бесконечного. Парадоксально и то, что «этот мир создан человеком, но человек не находит себя в нем» [5, с. 291]. Вечной антиномией человеческого бытия выступает отношение между личностью и обществом. Два основных слова, вступающие в противоречие «Я-Ты» и «Я-Оно» в концепции Бубера, у Бердяева представлены «общением» и «объективацией». Это очень содержательный поворот, включающий в себя и философско-антропологический и этический и, что важно для нас, социально-философский срез. Тема одиночества для Бердяева основная. Другая сторона антиномии положения человека в мире – общение. Как преодолеть разобщенность человека с миром? Объективация порождает одиночество людей. Одиночество, считает Бердяев, имеет свои ступени и степени. Есть категории людей обреченных на одиночество. Так выдающиеся люди; ученые, государственные деятели, полководцы одиноки в силу их неординарности. Одиночество антиномично. Есть относительное одиночество. Освобождая личность от непродуктивных контактов и повседневной суеты, оно становится стимулом для их духовного роста. Потребность быть постоянно на людях, чрезмерная общительность, по мнению многих, есть прерогатива интеллектуально и духовно неразвитых людей. «Истинное преодоление одиночества и достижение общения, – писал Бердяев, – есть переход от «я» к «ты» в любви, в дружбе, а не к объекту. Это вполне применимо и к познанию. Когда в познании происходит выход «я» в объект, то одиночество по-настоящему не преодолевается. Общество не может уничтожить одиночества «я», это в силах сделать, только «ты», только общение в «мы», а не в обществе» [5, с. 278–279]. Особенно тягостно, по мнению философа, одиночество в толпе, в безликом множестве людей. В нем человек теряет свое я, но не приобретает «мы». «Я» растворяется в «оно». Здесь Бердяев говорит об экстатических национальных и революционных движениях и господствующих в них бессознательных инстинктах и эмоциях. Жизненные антиномии общения и одиночества необходимо экстраполировать указанием на формы, связанные с досугом, времяпрепровождением спортивных и музыкальных фанатов. Здесь зачастую нет одиночества, но и общение также отсутствует. Подобное квазиобщение выполняет компенсаторную функцию, но компенсация эта по большей части мнимая, иллюзорная. Она не спасает от одиночества.

Общение, трактуемое Бердяевым как «я-ты» отношение должно охватывать по мнению философа, не только сферу общения людей, но и отношение человека с природой в самом широком смысле этого слова.

Бердяев одним из немногих философов начала XX века обратил внимание на антиномии научно-технического прогресса в сфере общения. Он писал: «Технизация жизни улучшает сообщение между людьми, но она же увеличивает, а не уменьшает разобщенность между людьми <…> необычайная широта и универсальность сообщений оказывается противоположной интимности и близости общения. Человек необычайно одинок в этих универсальных сообщениях» [5, с. 309]. Антиномия непосредственного и опосредованного современными средствами коммуникации общения людей, сегодня актуальна как никогда. Здесь происходит острая дискуссия pro et contra? Она имеет различные истоки, опирается на различные факты, имеет различные мировоззренческие основания. Они, как правило, равновелики. Ни одному из них нельзя отдать предпочтение. При анализе этих проблем лежащих в аксиологической, психологической, прагматической плоскостях, целесообразно обратиться к антиномическому методу. Бердяев обращал внимание на ошибочное отождествление коммуникации и общения. Это часто свойственно и современным исследователям. Он писал: «Проблема сообщения (Kommunication) между «я» есть одна из основных проблем философии, хотя ей не было до сих пор уделено достаточно внимания. Необходимо делать различие между сообщением и приобщением» [5, с. 276].

Антиномический метод с таким блеском, с такой эвристической силой примененный к исследованию общения и одиночества выдающимися русскими мыслителями не исчерпал себя не в методологическом, не в теоретическом отношениях. Он вовсе не является философской архаикой. Новые задачи, стоящие перед философией общения сегодня: общение и деятельность, общение и коммуникация, современная коммуникативная ситуация и одиночество личности, квазиобщение и его роль в культуре, компенсаторное общение, ценностное измерение различных форм, средств и способов общения, социальные функции общения, вопросы культуры общения могут успешно решаться при привлечении антиномического метода.

Библиографический список

1. Пивоваров, Д.В. Антиномизм // Философская энциклопедия / ред. В.Е. Кемеров. – М.: Панпринт, 1998. – 681 с.

2. Флоренский, П.А. Столп и утверждение истины // Соч. в 2 т. Т. 1. – М.: Правда, 1990. – 839 с.

3. Франк, С.Л. Непостижимое. Онтологическое введение в философию религии // С.Л. Франк Сочинения. – М.: Правда, 1990. – С. 181–559.

4. Франк, С.Л. Духовные основы общества. Введение в социальную философию // С.Л. Франк Духовные основу общества. – М.: Республика, 1992. – С. 14–146.

5. Бердяев, Н.А. Я и мир объектов. Опыт философии одиночества и общения // Н.А. Бердяев Философия свободного духа. – М.: Республика, 1994. – С. 229–316.

УДК 78.01: 316.7

ФИЛОСОФСКИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МУЗЫКИ В СИСТЕМЕ ОТНОШЕНИЙ ВЛАСТИ И ПОДЧИНЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Е.А. Шишова

Статья представляет собой обзор философских интерпретаций музыки в системе отношений власти и подчинения от античности до современности. Выделены четыре основные модели: античная (музыка как онтологическая сила, производящая порядок через этос), средневековая (теологическая технология иерархии и надзора), ренессансная (музыка как объект рыночных отношений, инструмент придворной дисциплины и пространство индивидуального выбора), нововременная (структурная аналогия социального порядка и объект публичного контроля) и критическая парадигма XX века (марксистская демистификация культурной индустрии и постструктуралистский анализ дисциплинарных практик, распределения чувственного и детерриториализации). В заключении обосновывается тезис о сосуществовании и наложении всех четырех моделей в современных музыкальных практиках.

Ключевые слова: музыка, власть, подчинение, этос, индустрия культуры, распределение чувственного

Обращение с позиций социальной философии к проблеме включения музыки в отношения власти – это исследование того, как, с одной стороны, невидимые структуры принуждения и господства через слуховые каналы проникают в саму чувственную ткань общества, формируя наше восприятие реальности и коллективную идентичность, с другой стороны, того, как музыка делает власть одновременно вездесущей и неслышимой. Прояснение механизмов функционирования музыки в отношениях власти и подчинения важно по трем основным причинам:

1. Музыка является инструментом социальной онтологии. Согласно критической теории Т. Адорно, музыка не просто «отражает» общество, а является формой «объективного сознания», в которой закодированы социальные противоречия эпохи. Структура сонатной формы или симфонический конфликт – это не чисто эстетические явления, а художественное моделирование отношений между личностью и тотальностью, между частным интересом и господствующей нормой. Невербальная природа музыки позволяет ей внедрять паттерны подчинения (создавая ритмическую дисциплину, иерархию голосов в фактуре, катарсическое разрешение конфликта), минуя рациональную цензуру сознания. Именно здесь рождается главный вопрос: как звук становится формой организации социального порядка?

2. Музыка выступает в качестве поля борьбы за субъектность. В современной философии власть понимается как сложная сеть отношений, пронизывающая повседневность (М. Фуко). Музыка – идеальная среда для анализа такой «микрофизики власти» по нескольким причинам:

- Музыка участвует в конструировании социальной идентичности, закрепляя или, напротив, разрушая существующие иерархические порядки. Например, народная музыка выступает в качестве средства легитимации власти посредством обращения к традиционным ценностям, тогда как популярная музыка вырабатывает механизмы идентификации с ценностями господствующей культуры или маргинальных субкультур;
- Музыка выступает средством институционального принуждения, включается в механизмы исключения и цензуры, закрепляет значимые отношения в качестве нормативных.

3. Подвижность границ свободы и идеологии. Постмодернистская философия фиксирует фундаментальную трансформацию механизмов власти: государственный суверенитет уступает место диффузному контролю, реализуемому через культурные индустрии, что ведёт к размыванию привычных границ между свободой и идеологией. Музыка, с одной стороны, отстаивает право на автономию, с другой – оказывается глубоко встроенной в логику рынка и медийных практик. В результате формируется амбивалентная ситуация: музыкальное творчество одновременно служит «мягкой силой», технологией управления аффектами и способом рыночной утилизации протестных настроений (власть инкорпорирует даже контркультуру), и в то же время остаётся последним убежищем утопического воображения – пространством, где возможна чувственность, не подлежащая капиталистической калькуляции. Именно поэтому социальная философия сегодня обращается к ключевому вопросу: способна ли «неформальная музыка» существовать как зона, свободная от идеологического диктата и рыночных импликаций, или же любая форма сопротивления обречена на институциональное поглощение?

Однако описанная амбивалентность музыки не является изобретением исключительно постмодерна. Напротив, ретроспективный анализ показывает, что напряженное отношение между музыкой и властью воспроизводится на протяжении всей истории человечества, каждый раз принимая новые конфигурации. Обращение к истории философии позволяет увидеть, как формировались основные модели этого взаимодействия.

Античная и древнекитайская мысль закладывает первую модель мирового и социального порядка, опосредованного звуком. Дамон из Афин (V в. до н. э.) формулирует принцип, согласно которому изменения в музыкальных стилях предшествуют потрясению политических законов, устанавливая тем самым связь между сенсорным режимом и режимом власти [1]. Предание Дамона остракизму свидетельствует о том, что в Афинах контроль над музыкой воспринимался как реальный ресурс власти и по-

пытки рационализации контроля воспринимались как угроза существующему порядку. Платон разрабатывает технологию власти посредством музыкальной селекции: одни лады формируют лояльного гражданина, другие порождают неповиновение [2], и их применение является не следствием прямого внешнего принуждения. А результатом усвоения специфического этоса. В древнекитайском трактате «Юэ цзи» музыка понимается как медиатор между космическим и социальным порядками: правильная музыка производит гармонию, диссонансная сигнализирует о разрыве в управлении [3]. Если в Греции музыкальная регуляция осталась философским проектом, то в Китае она получила институциональное воплощение: «Музыкальная палата» (Юэ фу) стала первым государственным органом, нормировавшим звуковую среду [4]. В неоплатонической традиции (Прокл) власть музыки осмысляется через иерархию: право управлять возникает из способности слышать «высшую» музыку [5].

В Средник века музыка используется как средство закрепления теологической иерархии. Августин утверждает амбивалентность музыкального опыта: церковное песнопение поднимает душу к Богу, но чувственное наслаждение способно отвлечь от смысла слов, становясь формой духовного соблазна [6]. Боэций в «Основах музыки» различает три типа музыки: *musica mundana* (гармония космоса), *humana* (души и тела) и *instrumentalis* (звучащая музыка) [7]. Это различение выполняет иерархизирующую функцию: высший тип постигается разумом, низший – удел исполнителей, которых Боэций называет «рабами, лишенными подлинного знания». Так возникает технология постоянного надзора обладателей теоретического знания о музыке за исполнителями-практиками. Фома Аквинский закрепляет в музыке иерархический принцип (музыка в храме допустима лишь как служанка слова, голос важнее инструмента [8]), впоследствии соотнесенный с сословным делением общества: церковная – удел клира, куртуазная песня – привилегия рыцарства, музыка странствующих артистов маркируется как «низкая». Если в Античности музыка включалась во властные отношения на правах инструмента, обеспечивающего гармоничную связь мира вещей с миром идей, то в Средние века музыка становится связующим звеном между небесным и земным мирами, теоретическая музыкальная деятельность становится инструментом производства общественного порядка.

Эпоха Возрождения знаменует собой радикальный сдвиг: музыка перестаёт быть исключительно «служанкой теологии» и обретает статус автономного искусства, однако этот процесс сопровождается появлением новых механизмов социального контроля. Если в Средние века власть над музыкой принадлежала церкви, то в ренессансной Италии и Франции её присваивают себе придворные капеллы и меценатские дома (Медичи, Эсте, Бургундский двор) [9, с. 112–115]. Композитор из анонимного литургического служителя превращается в престижную фигуру, но его творчество

оказывается в прямой зависимости от заказа и вкуса патрона – так закладываются основы экономического подчинения. Одновременно теоретическая мысль (Дж. Царлино, Ф. Гафури) развивает античное учение об этосе, но с принципиально новой интенцией: музыка уже не просто воспитывает гражданина для полиса, а моделирует аффекты придворного человека, производя субъекта, чувствительного к иерархии и куртуазным нормам [9, с. 230–245]. С другой стороны, именно в эту эпоху появляются первые ростки эмансипации: изобретение нотопечатания (О. Петруччи, 1501) делает музыку тиражируемым товаром [10, с. 460], а протестантская хоральная традиция (М. Лютер) утверждает право общины на самостоятельное музицирование вне церковного иерархического надзора. Таким образом, Возрождение закладывает двойственную структуру, которая будет развёрнута в Новое время: музыка одновременно становится объектом рыночных отношений, инструментом дисциплины и – впервые – пространством индивидуального выбора.

Новое время знаменует переход к пониманию музыки как автономной институциональной структуры, производящей и поддерживающей социальный порядок; в это время господствует представление о музыке как силе, способной устанавливать собственные порядки власти. Современные исследования музыки XVII–XVIII вв. показывают родство принципов государственного устройства и принципов построения музыкального текста: так, подобно тому, как в теории государства Т. Гоббса власть сконцентрирована в фигуре суверена, в функциональной гармонии все созвучия подчинены тонике, а учение о тональных гармонических функциях (Рамо, Риман) изоморфно социально-политическим концепциям абсолютной монархии [11]. Параллельно процессам индустриализации производства, характерным для эпохи раннего капитализма, в музыке Нового времени продолжается разделение труда – выделяются в обособленные виды деятельности оценка и восприятие музыки, и формируются публика как потребитель музыки и критик как ее интерпретатор. Ч. Бёрни провозглашает право каждого чувствовать музыку по-своему, но одновременно присваивает критику исключительную власть публично высказываться о музыке [12], таким образом, формальное равенство слушателей соседствует с монополией эксперта. Становление музыкального рынка в то же время дает властные полномочия публике, определяющей ценность конкретного музыкального произведения или исполнителя независимо от качества музыкального материала и мнения критиков. Таким образом, становление представлений о человеке как действительном субъекте социальной жизни способствовало демистификации музыки и самоосознанию в качестве субъекта музыкальной деятельности сообществ, сгруппированных вокруг этапов процесса производства, распространения, оценки и потребления музыки.

В XX в. отношения между сообществами теоретической, исполнительской, оценочной музыкальной деятельности приобретают конфликтный

характер, поскольку каждое из них претендует на установление монопольной власти, и современные философские теории пытаются отразить как степень ожесточенности конфликта, так и его содержательную сторону. Неомарксистская традиция (Т. Адорно) вводит понятие «культурная индустрия» – аппарат производства стандартизированных продуктов, превращающим музыку в товар, подчиненный логике фетишизма [13]. Адорно показывает, как форма музыкального произведения воспроизводит иерархии буржуазного общества: например, дирижер символизирует власть, будучи «одновременно господином и слугой» публики [14, с. 78].

Постструктуралистская линия развивается на иных основаниях. М. Фуко показывает, что власть рассредоточена по множеству институтов; музыка может быть рассмотрена в качестве дисциплинарного инструмента: школьные хоры, военные марши, фабричные гудки «дрессируют» тело [15]. Ж. Рансьер вводит концепцию «распределения чувственного»: музыка как поле «эстетической неуместности» разрушает иерархии восприятия [16]. Ф. Бекман развивает эту идею: популярная музыка в эпоху неолиберализма производит «предпринимающих себя» индивидов, чья свобода оборачивается формой подчинения [17]. Ж. Делез и Ф. Гваттари различают «гладкое» и «рифленое» пространства; музыкальный модернизм (П. Булез) становится примером детерриториализации через ритм и шум [18]. Это различение позволяет увидеть, как «рифленое» пространство (тональность, метрический ритм, иерархия голосов) функционирует как технология упорядочивания и контроля, навязывающая жесткие структуры подчинения, тогда как «гладкое» пространство (шум, алеаторика, микрополифония) открывает возможность ускользания от властных структур посредством производства не поддающихся нормализации интенсивностей, где музыка сопротивляется собственной институциональной и жанровой кодификации.

К критической парадигме примыкают и исследования последних двух десятилетий, анализирующие властные эффекты музыки в условиях цифрового капитализма. Стриминговые платформы (Spotify, Apple Music) не просто распространяют музыку, но производят субъекта через алгоритмическую персонализацию: рекомендательные системы формируют «петли привыкания», превращая слушателя в предсказуемого потребителя, чьи вкусы модулируются в реальном времени [19; 20]. Плейлист как форма организации музыкального опыта – это технология биополитического контроля, более эффективная, чем дисциплинарные практики XX века. Одновременно нейросетевые генераторы музыки (Suno, Udio) ставят вопрос о девальвации человеческого авторства и о новой форме власти – власти техники над самим актом творчества. С другой стороны, алгоритмическая анонимность цифровых платформ создает и новые возможности для сопротивления: вирусное распространение протестной музыки в социальных сетях демонстрирует, как децентрализованные звуковые практики могут обходить предустановленные ограничения. Однако и здесь сохраняется

амбивалентность: та же технология позволяет осуществлять тотальный мониторинг звуковой среды любому субъекту власти. Таким образом, субъект власти XXI в. берет на вооружение инструменты, обозначенные в критической парадигме, и посредством цифровых алгоритмов дозирует музыкальное воздействие и измеряет его эффекты.

Проведенный анализ позволяет выделить два вектора эволюции представлений о музыке как объекте и инструменте отношений власти по линии ее постепенной *демистификации* (от орудия воспитания граждан в соответствии с принципами Гармонии к алгоритмизируемому и измеряемому воздействию на организм и сознание человека) и по линии *распределения власти во все более широких масштабах* (от возможности правителя запрещать использование ладов и инструментов до индивидуального формирования плейлиста).

Можно также констатировать, что отношения власти и подчинения объективированы в различных формах музыкальной деятельности. Любая музыкальная практика сегодня может быть одновременно иррациональной действующей силой (в исполнении духовной музыки), товаром (в индустрии развлечений), дисциплинарной технологией (в школьном хоре) и жестом сопротивления (в исследовании пограничных территорий музыки). Задача социальной философии, следовательно, не в том, чтобы объявить одну из этих моделей единственно верной, а в том, чтобы анализировать их конкретное взаимодействие и напряжение в историческом и социальном контексте.

Библиографический список

1. Wallace, R.W. Reconstructing Damon: Music, Wisdom, and Politics in Periklean Athens /, R.W. Wallace. – Oxford: Oxford University Press, 2015. – 223 p.

2. Burnyeat, M.F. Lecture II. Art and the Menace of Mimesis / M.F. Burnyeat // Studies in Ancient and Modern Philosophy. – Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

3. Zhou, L. The Records of Music: Confucian Ideology, Cosmology, and Self-Cultivation Practices in Western Han China: Master's thesis / L. Zhou. – Edmonton: University of Alberta, 2024.

4. Zhang, B., Vaitkevičius, J. The Organizing Power of Harmony in the Chinese Tradition of Thought / B. Zhang, J. Vaitkevičius // Dialogue and Universalism. – 2020. – Vol. 30, no. 3. – P. 75–88.

5. Pelosi, F., Petrucci, F.M. (eds.) Music and Philosophy in the Roman Empire / F. Pelosi, F.M. Petrucci. – Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

6. Боэций. Основы музыки / Боэций; пер. с лат. С.Н. Лебедева. – М.: Научно-издательский центр «Московская консерватория», 2012. – 408 с.

7. Августин Аврелий. О музыке // Августин Аврелий. Творения: в 4 т. – СПб.: Алетейя, 1998. – Т. 2. – С. 245–378.

8. Фома Аквинский. Сумма теологии / Фома Аквинский; пер. с лат. А.В. Апполонова. – М.: Издатель Савин С.А., 2006–2008. – Ч. 2–3.

9. Palisca, C.V. Humanism in Italian Renaissance Musical Thought / C.V. Palisca. – New Haven: Yale University Press, 1985. – 471 p.

10. Tartuskin, R. Commercial and Literary Music / R. Tartuskin // The Oxford History of Western Music: in 6 vol. – Oxford: Oxford University Press, 2005. – Vol. 1. – P. 453–489.

11. Рыбинцева, Г.В. Функциональная гармония классицизма и социальные учения XVII–XVIII столетий / Г. В. Рыбинцева // Проблемы музыкальной науки. – 2019. – № 4 (37). – С. 23–31. – DOI: 10.24411/2076-4766-2019-11001.

12. Charles Burney; or, the Philosophical Misfortune of a Liberal Musician // Eighteenth-Century Music. – 2013. – Vol. 10, no. 1. – P. 41–63. – DOI: 10.1017/S1478570612000358.

13. Хоркхаймер, М., Адорно, Т.В. Диалектика Просвещения: Философские фрагменты / М. Хоркхаймер, Т. В. Адорно; пер. с нем. – М.: Медиум, 1997. – 312 с.

14. Адорно, Т.В. Избранное: Социология музыки / Т. В. Адорно; пер. с нем. – М.: Университетская книга, 1999. – 445 с.

15. Фуко, М. Надзирать и наказывать: Рождение тюрьмы / М. Фуко; пер. с фр. – М.: Ад Маргинем, 2015. – 416 с.

16. Currie, J.J. (ed.) Rancière and Music / J.J. Currie. – Edinburgh: Edinburgh University Press, 2022. – 352 p

17. Beckman, F. 'That Path is for Your Steps Alone': Popular Music, Neoliberalism, and Biopolitics / F. Beckman // Control Culture: Foucault and Deleuze after Discipline. – Edinburgh: Edinburgh University Press, 2018. – P. 101–120.

18. Делез, Ж. Тысяча плато: Капитализм и шизофрения / Ж. Делез, Ф. Гваттари; пер. с фр. – М.: АСТ, 2010. – 896 с.

19. Сианипати, Н. Алгоритмы и музыка: биополитика стриминга / Н. Сианипати; пер. с англ. – М.: Издательский дом ВШЭ, 2021. – 280 с.

20. Maasø, A. The Streaming Paradox: Untangling the Hybrid Gatekeeping Mechanisms of Music Streaming / A. Maasø, H. S. Spilker // Popular Music and Society. – 2022. – Vol. 45, no. 3. – P. 300–316. DOI: 10.1080/03007766.2022.2026923

СОДЕРЖАНИЕ

Секция: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Высшая медико-биологическая школа

Грачев С.А., Калинина И.В., Демидкин А.А. Исследование функционально-технологических свойств белковых концентратов, полученных из жмыхов масличных культур…… 3

Далаф Абдуллах Ал-Джумайли. Биотехнологические подходы для минимизации токсигенных рисков зерновых …… 8

Новиньон Дандонугбо. Пищевые факторы риска и колоректальный рак: эпидемиологический обзор факторов питания, связанных с канцерогенезом…… 12

Фань Ян. Синергетический эффект гумата калия и азота в формировании корневой системы зерна пшеницы …… 16

Шафикова Т.С., Калинина И.В., Скачкова Е.Н., Демидкин А.А., Одинцов Г.К. Коллаген как биополимер для инкапсуляции пробиотических микроорганизмов …… 20

Энтону Мозес Эдаче. Разработка термостабильных биополимеров для практического применения …… 25

Политехнический институт

Ганджа С.А., Ульман Я.С., Нараева Р.Р. Компьютерное моделирование МГД-насоса на основе технологии плавильного трансформатора…… 28

Еремин Н.А., Дудкин М.М. Сравнение схем 24-пульсных выпрямителей на основе трехфазных регуляторов переменного напряжения с вольтодобавочными трансформаторами …… 34

Салимулин Д.Е., Ганджа С.А., Нараева Р.Р. Разработка робототехнического комплекса для транспортного средства, эксплуатируемого в экстремальных условиях…… 42

Центр «Цифровой Урал»

Бочкарева Ю.В.О передовых отечественных практиках применения технологий искусственного интеллекта на региональном и муниципальном уровне …… 54

Логиновский О.В., Браженко С.А. ИИ-ассистенты и встроенные цифровые помощники в управлении бизнес-процессами…… 64

Логиновский О.В., Гордеев И.К. Разработка архитектуры мультиагентной системы контроля качества графитсодержащих огнеупорных изделий на основе косвенных диагностических признаков 72

Повышев А.А. Математическая модель взаимосвязи репутационного индекса узла ДСХД, параметров избыточного кодирования и криптографической защиты..... 76

Секция: СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Институт медиа и социально-гуманитарных наук

Иевлев И.А. Влияние идей В. Гумбольдта на становление нового этапа в образовании 85

Квятковский Г.Ю. Парадоксальность технооптимистических проектов рационализации музыкальной деятельности..... 89

Кирюхина В.С. Развитие научной мысли XVIII века..... 95

Просвирнина О.И. Компенсаторная функция музейной институции: к постановке вопроса..... 99

Рагозин П.С. Особенности отчуждения в условиях цифровой реальности 104

Финогенов Д.С.Антиномии общения и одиночества в русской философской мысли первой половины XX столетия 108

Шишова Е.А. Философские интерпретации музыки в системе отношений власти и подчинения (обзор литературы) 115

Научное издание

НАУЧНЫЙ ПОИСК

Материалы восемнадцатой научной конференции
аспирантов и докторантов

Техн. редактор *А.В. Миних*
Дизайн обложки *А.С. Пановой*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 20.08.2026. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 7,21. Тираж 100 экз. Заказ 191/213.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.