

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ
И БИЗНЕС

- ❖ Инновационные технологии и материалы в строительстве
- ❖ Экономика и управление в социальных и экономических системах
- ❖ Автоматизация и управление технологическими процессами
- ❖ Промышленная энергетика, нанотехнологии и наноматериалы
- ❖ Информационные и технические системы



ISSN 2782-4675

**ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ
И БИЗНЕС**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

- ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
- ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
- ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА
- ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
- НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ
- АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ И БИЗНЕС

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит 2 раза в год

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Главный редактор – кандидат техн. наук, доц. Дьяконова С.Н.

Зам. главного редактора – кандидат физ.-мат. наук, доц. Дробышев А.А.

Зам. главного редактора – кандидат физ.-мат. наук, доц. Михин Е.А.

Ответственный секретарь – старший преподаватель Ботиенко А.В.

Члены редколлегии:

Д-р хим. наук Рудаков О.Б. (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, проф. Перцев В.Т. (г. Воронеж, ВГТУ); д-р экон. наук, доц. Уварова С.С. (г. Воронеж, ВГТУ); д-р экон. наук, проф. Богомолова И.П. (г. Воронеж, ВГУИТ); д-р экон. наук, генеральный директор Карпович М.А. (г. Воронеж, ОАО «ЦентрДорСервис»); д-р экон. наук, проф. Горшков Р.К. (г. Москва, МГСУ); д-р экон. наук, проф. Лопаев Д.Н. (г. Нижний Новгород, НГТУ имени Р.Е. Алексеева); д-р техн. наук, проф. Магомедов Г.О. (г. Воронеж, ВГУИТ); д-р физ.-мат. наук, доц. Астапенко В.А. (г. Долгопрудный, МФТИ).

В издании публикуются результаты научных исследований сотрудников ВГТУ и других образовательных, научных, научно-исследовательских, научно-производственных организаций в области развития инноваций и новых технологий. Рассматриваются вопросы эффективности инновационных проектов, роль инновационных технологий в различных сферах деятельности: строительстве, интеллектуальной собственности, производстве и др.

Владея инновационными продуктами, предприятия строительного и промышленного комплекса, прежде всего, получают новые конкурентные преимущества. Благодаря инновациям и высокому уровню научности ведущие страны мира занимают выгодное положение на мировом рынке, особенно в условиях экономической глобализации.

Ответственность за подбор и изложение фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений несут авторы публикаций.

Перепечатка материалов журнала без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Дизайн обложки – ассистент Пальчиков И.А.

АДРЕС УЧРЕДИТЕЛЯ И ИЗДАТЕЛЯ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, каб. 7306

тел.: +7 (473) 207-22-20, добавочный 5447

E-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Н.Ю. Батехова, М.Д. Сиднев, А.А. Батехов

ChatGPT: РЕВОЛЮЦИЯ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СОВРЕМЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ.....5

К.А. Волкова

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ.....11

Е.А. Ганнова, И.В. Фатеева

ИННОВАЦИИ В РАЗВИТИИ ТУРИЗМА. ПОНЯТИЕ СОЦИАЛЬНОГО ТУРИЗМА.....15

А.Ю. Глотова, С.С. Уварова

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕКЦИОНИРУЮЩИХ ПУНКТОВ (РЕКЛОУЗЕРОВ).....21

С.Н. Дьяконова, Д.В. Сысоева, А. М. Никифорова

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CHATGPT.....25

С.Н. Дьяконова, И. В. Фатеева, К. А. Чупахин, М. А. Бердников

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОРЫВЫ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....31

М.А. Кузнецов, А.В. Ботиенко, Э.И. Еникеев

СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВИЗОРОВ.....39

М. Мансур

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА МСП С ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ НА PYTHON.....49

Е.А. Михин, А.А. Дробышев

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАСЧЁТУ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ.....57

И.А. Пальчиков

BLOCKCHAIN И КРИПТОВАЛЮТЫ: РЕГУЛИРОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
КРИПТОРЫНКОВ.....64

А.Г. Пальчикова

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ В
РОССИЙСКИХ ЭНЕРГОКОРПОРАЦИЯХ.....70

Е.А. Панкратова, А.В. Абрамов

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ГАЗА НА СТЕПЕНЬ
ЛОКАЛИЗАЦИИ РАЗРЯДА.....76

Е.А. Панкратова, А.В. Абрамов, А.Н. Панкратов

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ОГРАНИЧЕННЫХ
ГАЗОВЫХ РАЗРЯДАХ.....82

В.Е. Соболева

ПРОБЛЕМЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРИ
ДИАГНОСТИКЕ СМАРТ-РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ.....87

Ю.А. Соболева

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ПАРКОВЫХ ЗОНАХ И
ЗОНАХ ОТДЫХА ЖИТЕЛЕЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ.....91

Д.В. Сысоева, А.В. Ботиенко, К.О. Козлова

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В
НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ.....96

Ю.В. Харыбина

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ В ПОВЫШЕНИИ
ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО
БИЗНЕСА.....106

УДК 004.851.57:37

Воронежский государственный

технический университет

Старший преподаватель кафедры
инноватики и строительной физики
имени профессора И.С. Суровцева

Н.Ю. Батехова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)547-83-57
e-mail: nbateh@mail.ru

Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суровцева

М.Д. Сиднев

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(900)932-92-41
e-mail: makssidnev1@gmail.com

Студент кафедры кадастра недвижимости,
землеустройства и геодезии

А.А. Батехов

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)109-75-68
e-mail: artem.batekhov@mail.ru

Voronezh State

Technical University

Senior Lecturer of the Department of
Innovation and Building Physics named
after prof. I.S. Surovtsev

N.Yu. Batekhova

Russia, Voronezh, tel.: +7(952)547-83-57
e-mail: nbateh@mail.ru

Student of the department
of innovation and building physics
named after prof. I.S. Surovtsev

M.D. Sidnev

Russia, Voronezh, tel.: +7(900) 932-92-41
e-mail: makssidnev1@gmail.com

Student of the department of Cadastral and
Land Management and Geodesy

A.A. Batekhov

Russia, Voronezh, tel.: +7(952)109-75-68
e-mail: artem.batekhov@mail.ru

Н.Ю. Батехова, М.Д. Сиднев, А.А. Батехов

ChatGPT: РЕВОЛЮЦИЯ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СОВРЕМЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Аннотация: Статья посвящена исследованию революционного влияния технологии ChatGPT на сферу образования. Авторы подробно рассматривают возможности, предоставляемые искусственным интеллектом нового поколения, и подчеркивают уникальные преимущества, открывающиеся перед учащимися и педагогами благодаря интерактивному обучению, персонализированным образовательным траекториям и быстрому доступу к знаниям. Рассматриваются потенциальные изменения в образовательной парадигме, обусловленные появлением чат-ботов на базе технологий больших языковых моделей. Анализируются положительные стороны внедрения таких инструментов, включая повышение мотивации учащихся, улучшение качества усвоения материала и сокращение временных затрат на подготовку уроков. Кроме того, уделяется внимание этическим вопросам и возможным рискам, связанным с использованием ChatGPT в образовательных учреждениях, таким как зависимость студентов от автоматизированных решений и снижение критического мышления. Статья также представляет рекомендации по эффективному внедрению инноваций и формированию культуры осознанного взаимодействия с технологиями искусственного интеллекта.

Ключевые слова: ChatGPT, искусственный интеллект (ИИ), чат-бот, инновации, образование, образовательные технологии, нейросеть, наука, преподаватель, студент.

N.Yu. Batekhova, M.D. Sidnev, A.A. Batekhov

CHATGPT: THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE REVOLUTION AND ITS IMPACT ON MODERN EDUCATION

Abstract: This article explores the revolutionary impact of ChatGPT technology on education. The authors examine in detail the opportunities offered by next-generation artificial intelligence and highlight the unique advantages offered to students and teachers through interactive

learning, personalized learning paths, and rapid access to knowledge. The potential changes in the educational paradigm brought about by the emergence of chatbots based on large-scale language model technologies are explored. The positive aspects of implementing such tools are analyzed, including increased student motivation, improved learning, and reduced lesson preparation time. Furthermore, consideration is given to ethical issues and potential risks associated with the use of ChatGPT in educational institutions, such as student dependence on automated solutions and a decline in critical thinking. The article also provides recommendations for the effective implementation of innovations and the development of a culture of conscious interaction with artificial intelligence technologies.

Keywords: ChatGPT, artificial intelligence (AI), chatbot, innovation, education, educational technologies, neural network, science, teacher, student.

Современный мир стремительно меняется под влиянием технологий, и одной из самых обсуждаемых инноваций последних лет стал «ChatGPT» — продвинутый чат-бот на основе искусственного интеллекта, разработанный компанией OpenAI. Его способность вести осмысленные диалоги, генерировать тексты и даже помогать в решении академических задач вызывает широкий резонанс в научной и образовательной среде.

С одной стороны, ChatGPT открывает новые горизонты для обучения, делая информацию более доступной и персонализированной. С другой — его повсеместное использование ставит перед обществом важные вопросы: «Не приведет ли зависимость от ИИ к снижению когнитивных способностей студентов? Как отличить работу, написанную человеком, от текста, сгенерированного нейросетью? И где та грань, за которой помощь ИИ превращается в академическое мошенничество?»

В данной статье мы подробно разберем:

- принципы работы ChatGPT — как устроена эта технология, и почему она так эффективна;
- преимущества и недостатки внедрения ИИ в образовательный процесс;
- этические дилеммы и возможные пути регулирования использования ChatGPT в университетах.

ChatGPT — это не просто «умный чат-бот», а сложная генеративная языковая модель (LLM — Large Language Model), построенная на архитектуре GPT (Generative Pre-trained Transformer).

Первые версии модели (например, GPT-3) уже демонстрировали впечатляющие результаты, но именно ChatGPT, основанный на GPT-3.5 и GPT-4, совершил настоящий прорыв благодаря:

- увеличенному объему обучающих данных (сотни миллиардов слов из книг, статей, научных работ и интернет-источников);
- глубокому обучению с подкреплением (RLHF — Reinforcement Learning from Human Feedback — когда люди-ассистенты корректировали ответы ИИ, улучшая его точность и естественность);
- контекстному пониманию — способности «запоминать» предыдущие реплики в диалоге, что делает общение более осмысленным;
- широкому диапазону возможностей (решение математических задач, анализ данных, написание кода, составление отчетов и многое другое).

Таким образом, ChatGPT является мощным инструментом, сочетающим глубину понимания языка, высокую производительность и широкие функциональные возможности, что делает его уникальным среди существующих нейросетей.

Процесс работы ChatGPT (рис.1) позволяет генерировать разнообразные типы контента, включая тексты, коды, аналитические отчеты и даже творческие произведения. Тем не менее, важно помнить, что ответы ChatGPT основаны исключительно на статистике и анализе

данных, полученных во время обучения, и не гарантируют абсолютную точность или полноту информации.



Рис. 1. Процесс работы ChatGPT

Остановимся на преимуществах использования ИИ в обучении:

1. Персонализированное обучение. Традиционная система образования часто не учитывает индивидуальные особенности студентов: кто-то схватывает материал быстро, кому-то нужно больше времени. ChatGPT может адаптировать объяснения под уровень знаний ученика (например, упрощать сложные термины или давать дополнительные примеры); работать в любое время (в отличие от преподавателя, который не всегда доступен вне аудитории).
2. Помощь в академической работе: генерация идей (если студент «застрял» на введении к курсовой, ChatGPT может предложить несколько вариантов начала), проверка грамматики и стиля (особенно полезно для тех, кто пишет на неродном языке), структурирование информации (создание конспектов, планов эссе, тезисов).
3. Автоматизация рутинных задач. Преподаватели тоже могут экономить время с помощью ChatGPT: создание тестов и заданий, проверка типовых работ (хотя окончательную оценку должен ставить человек, ИИ может выявлять очевидные ошибки).

Несмотря на впечатляющие возможности, ChatGPT далек от совершенства. Рассмотрим недостатки и риски, связанные с ИИ:

1. Проблема достоверности информации, «галлюцинации» — склонность выдавать ложную информацию, убедительно оформленную под правду;
2. Распространение мифов (например, в исторических или медицинских вопросах);

3. Зависимость от обучающих данных — если в них были пробелы или предвзятость, ИИ унаследует эти проблемы;
4. Отсутствие реального сознания — ChatGPT не способен на критическое мышление или творчество в человеческом смысле;
5. Ошибки в расчетах — несмотря на способность решать математические задачи, модель может ошибаться в сложных вычислениях;
6. Снижение критического мышления, анализа обучающегося (бездумное копирование ответов ChatGPT);
7. Потеря мотивации обучаться — когда задачи решаются одним запросом, исчезает стимул глубоко изучать предмет;
8. Плагиат и академическая недобросовестность (студенты сдают работы, полностью сгенерированные ИИ).

Все это ставит перед институтами вопрос: стоит ли запрещать ИИ, или нужно учиться работать с ним?

Исследуя этические аспекты, необходимо сказать, что некоторые вузы уже вводят такие регламенты, как обязательное указание использования ИИ (как цитирование источника), запрет на ChatGPT на экзаменах и в ключевых работах, интеграция ИИ в программу (обучение студентов грамотному взаимодействию с такими инструментами). Также есть возможность отличить текст ChatGPT от человеческого (существуют детекторы вроде GPTZero, но они не всегда точны).

В перспективе развития данного вопроса необходимо отметить внедрение ИИ-ассистентов преподавателей (автоматизация проверки домашних заданий, создание персонализированных учебных материалов), «Цифровые тьюторы» (виртуальные помощники для студентов с особенностями развития, развитие критического мышления (вместо запретов, обучение работе с ИИ как с инструментом, аналогично калькулятору в математике).

Современная академическая среда переживает период фундаментальных изменений, где искусственный интеллект становится не просто инструментом, а активным участником образовательного процесса. Появление ChatGPT ознаменовало начало новой эры, где границы между человеческим и машинным интеллектом постепенно стираются, создавая уникальные возможности и сложные вызовы для традиционной системы образования.

С одной стороны, мы наблюдаем беспрецедентные возможности для персонализации обучения. ChatGPT и подобные технологии демократизируют доступ к знаниям, позволяя каждому студенту получить персонального цифрового наставника, доступного в любое время и в любом месте. Это особенно ценно для удаленных регионов и социальных групп, ранее имевших ограниченный доступ к качественному образованию. Преподаватели же получают мощного помощника, способного взять на себя рутинные задачи — от проверки стандартных заданий до создания учебных материалов, — что позволяет сосредоточиться на действительно важных аспектах педагогической деятельности: развитии критического мышления, наставничестве и творческом подходе к обучению.

Однако вместе с этими возможностями приходят и серьезные вызовы. Главный из них — необходимость переосмысления самой сути образовательного процесса в условиях, когда искусственный интеллект может мгновенно предоставить любые факты и даже сгенерировать связные тексты. Традиционная система оценки знаний, основанная на проверке запоминания информации, становится все менее релевантной. Вместо этого на первый план выходят навыки критического анализа, верификации информации, творческого применения знаний — те компетенции, которые пока остаются прерогативой человеческого интеллекта.

Этические вопросы, связанные с использованием ChatGPT в образовании, требуют особого внимания. Где проходит грань между разумным использованием ИИ как инструмента и академической недобросовестностью? Как сохранить академическую

честность в условиях, когда различить работу студента и текст, сгенерированный ИИ, становится все сложнее? Эти вопросы не имеют простых ответов и требуют совместных усилий преподавателей, студентов, разработчиков технологий и политиков в сфере образования.

Перспективы развития образовательных технологий с участием ИИ поистине впечатляют. Мы стоим на пороге появления принципиально новых форматов обучения – от адаптивных образовательных траекторий, выстраиваемых искусственным интеллектом под конкретного студента, до виртуальных лабораторий и симуляторов, позволяющих проводить эксперименты, невозможные в реальных условиях. Однако важно помнить, что никакие технологические инновации не смогут заменить главного – человеческого измерения образования. Восприимчивость преподавателя, вдохновляющая сила личного примера, творческая энергия, рождающаяся в живом общении – все это остается уникальной ценностью традиционного образования.

В конечном счете, ChatGPT и подобные технологии – это не угроза образованию, а мощный катализатор его эволюции. Они заставляют нас переосмыслить, что действительно важно в процессе обучения, какие навыки будут востребованы в будущем, и как подготовить студентов к жизни в мире, где технологии развиваются экспоненциально. Возможно, именно этот вызов станет тем импульсом, который приведет к созданию более гибкой, адаптивной и человеко-ориентированной системы образования, способной раскрыть потенциал каждого обучающегося в эпоху искусственного интеллекта.

Главный урок, который мы должны вынести из этой ситуации, заключается в том, что будущее образования – не в противопоставлении человеческого и искусственного интеллекта, а в их гармоничном симбиозе. ChatGPT может стать ценным союзником в образовательном процессе, если мы научимся использовать его разумно – как инструмент для расширения возможностей человеческого мышления, а не как его замену. В этом, пожалуй, и заключается основная задача современного образования: воспитать поколение, способное сохранить человеческую уникальность в мире стремительно развивающихся технологий.

Библиографический список

1. Батехова Н.Ю., Батехова А.А., Горюшкин К.Н. Значение современных инновационных технологий в обучении студентов в условиях пандемии / Н.Ю. Батехова, А.А. Батехова, К.Н. Горюшкин // Инновации, технологии и бизнес.- 2021. - № 2 (10). - С. 26-29.
2. Антонова Ю.С. Применение искусственного интеллекта в образовательном процессе: проблемы и перспективы / Ю.С. Антонова // Современные образовательные технологии. - 2023. - №1. - С. 14-22.
3. Дмитриев П.Е., Михайлов С.Г. Оценка эффективности внедрения ChatGPT в образовательный процесс российских вузов / П.Е. Дмитриев, С.Г. Михайлов // Образование и наука. – 2023. - № 5. - С. 66–74.
4. Skillbox Media / ChatGPT помогает учиться лучше или только мешает? Что говорят исследования - Интернет-ресурс: <https://skillbox.ru/media/education/chatgpt-pomogaet-uchitsya-luchshe-ili-tolko-meshaet-chto-govoryat-issledovaniya>

References

1. Batekhova N.Yu., Batekhova A.A., Goryushkin K.N. The Importance of Modern Innovative Technologies in Teaching Students During a Pandemic / N.Yu. Batekhova, A.A. Batekhova, K.N. Goryushkin // Innovations, Technologies and Business. - 2021. - No. 2 (10). - P. 26-29.
2. Antonova Yu.S. Application of Artificial Intelligence in the Educational Process: Problems and Prospects / Yu.S. Antonova // Modern Educational Technologies. - 2023. - No. 1. - P. 14-22.

3. Dmitriev P.E., Mikhailov S.G. Evaluation of the Effectiveness of Implementing ChatGPT in the Educational Process of Russian Universities / P.E. Dmitriev, S.G. Mikhailov // Education and Science. – 2023. - No. 5. - Pp. 66–74.
4. Skillbox Media / ChatGPT: Does it help students learn better or hinder them? What the research says – Internet-resource: <https://skillbox.ru/media/education/chatgpt-pomogaet-uchitsya-luchshe-ili-tolko-meshaet-chto-govoryat-issledovaniya>

УДК 004.8

Воронежский государственный
технический университет

Магистр кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева

К.А. Волкова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)543-82-33
e-mail: karina.volkova2000@list.ru

Voronezh State

Technical University

Master's Degree, Department of Innovation
and Construction Physics named after
Professor I.S. Surovtsev

K.A. Volkova

Russia, Voronezh, Tel.: +7(952)543-82-33
E-mail: karina.volkova2000@list.ru

К.А. Волкова

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация: данная статья посвящена анализу роли искусственного интеллекта в формировании инновационной экономики. Рассматриваются основные области его применения: развитие новых сегментов рынка, совершенствование бизнес-процессов, трансформация человеческого капитала и интенсификация научных исследований. Выявлены риски и ограничения использования ИИ, включая правовые, социальные и этические аспекты. Сделан вывод о стратегическом значении ИИ для будущего экономики знаний и о необходимости гармоничного сочетания технологических решений с социальными и культурными приоритетами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, инновационная экономика, цифровые технологии, автоматизация, развитие человеческого капитала, новые рынки, научные исследования, этика ИИ.

K.A. Volkova

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE ECONOMY

Abstract: this paper is devoted to analyzing the role of artificial intelligence in shaping the innovative economy. The main areas of its application are examined, including the development of new market segments, optimization of business processes, transformation of human capital, and acceleration of scientific research. The risks and limitations of AI implementation are identified, including legal, social, and ethical aspects. It is concluded that AI plays a strategic role in the future knowledge-based economy and that a balanced integration of technological solutions with social and cultural priorities is essential.

Keywords: artificial intelligence, innovative economy, digital technologies, automation, human capital development, new markets, scientific research, AI ethics.

Искусственный интеллект представляет собой направление компьютерных наук, ориентированное на разработку систем, способных выполнять задачи, традиционно требующие человеческого интеллекта, включая обучение, анализ данных, прогнозирование, обработку естественного языка и принятие решений. В последние годы развитие ИИ стремительно ускорилось благодаря росту вычислительных мощностей, доступу к большим объемам данных (Big Data) и совершенствованию методов машинного и глубокого обучения [2]. Сегодня ИИ находит применение в самых различных сферах — от медицины и финансов до транспорта, логистики и государственного управления. Ключевой особенностью искусственного интеллекта является его универсальность: в отличие от

узкоспециализированных технологий, ИИ способен одновременно трансформировать несколько отраслей, открывая новые возможности для инновационного развития экономики.

ИИ оказывает комплексное воздействие на развитие инновационной экономики, формируя новые рынки, оптимизируя бизнес-процессы, развивая человеческий капитал и ускоряя научные исследования.

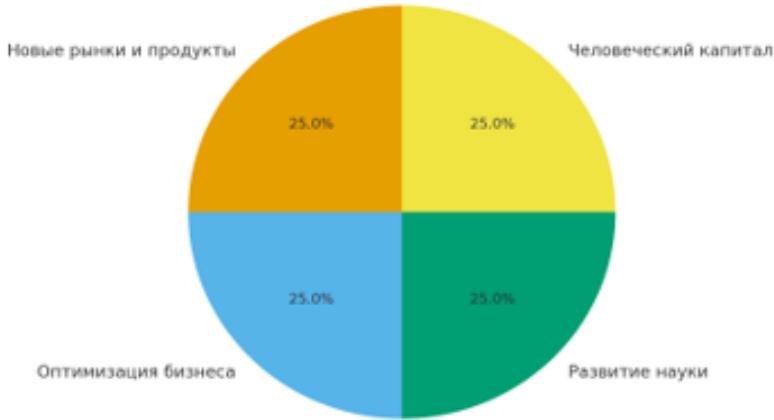


Рис.1. Основные направления влияния ИИ на инновационную экономику

- Создание новых рынков и продуктов: ИИ стимулирует формирование целых отраслей, ранее не существовавших. Примерами могут служить финтех-сервисы, использующие алгоритмы для анализа транзакций и кредитных рисков; образовательные платформы с адаптивным обучением; медицинские системы диагностики на основе машинного зрения. Эти направления становятся источником новых бизнес-моделей и повышают конкурентоспособность компаний [3].
- Оптимизация бизнес-процессов: алгоритмы ИИ позволяют автоматизировать рутинные задачи, снижать операционные издержки и повышать эффективность управления. В промышленности ИИ применяется для предиктивного обслуживания оборудования, в логистике — для оптимизации маршрутов, в розничной торговле — для анализа потребительского спроса. Таким образом, искусственный интеллект становится фактором повышения производительности труда и качества продукции.
- Развитие человеческого капитала: интеграция ИИ способствует формированию новых профессий, связанных с анализом данных, разработкой алгоритмов, обеспечением кибербезопасности. При этом традиционные профессии трансформируются, требуя от работников освоения цифровых навыков. Таким образом, ИИ стимулирует развитие системы образования и переобучение специалистов.
- Ускорение научных исследований: ИИ активно используется в фундаментальной и прикладной науке. Алгоритмы помогают моделировать климатические процессы, создавать новые материалы, ускорять разработку лекарств. Благодаря этому сокращаются сроки и издержки исследований, что вносит значительный вклад в развитие инновационной экономики.

Искусственный интеллект трансформирует финансовую индустрию, делая процессы быстрее, точнее и безопаснее. Алгоритмы ИИ позволяют проводить мгновенный анализ больших массивов транзакций, выявлять мошеннические схемы и оценивать кредитные риски с высокой точностью. Применение нейронных сетей и генеративных моделей помогает создавать персонализированные финансовые продукты и прогнозировать поведение потребителей [4].

ИИ становится ключевым инструментом для диагностики, прогнозирования и персонализированного лечения пациентов. Машинное обучение и компьютерное зрение используются для распознавания патологий на медицинских изображениях, генеративные модели помогают моделировать новые лекарственные соединения, а системы поддержки принятия решений повышают точность и скорость врачебных решений.

В образовательной сфере ИИ позволяет создавать адаптивные платформы, которые подстраиваются под индивидуальные потребности студентов. Это обеспечивает персонализированное обучение, повышает мотивацию и эффективность усвоения материала. Кроме того, ИИ используется для анализа учебных данных и прогнозирования образовательных результатов.

В производстве и логистике ИИ помогает оптимизировать процессы, прогнозировать поломки оборудования, управлять складскими запасами и маршрутизацией транспорта. Использование интеллектуальных систем сокращает издержки, повышает качество продукции и ускоряет внедрение инноваций.

ИИ применяется для анализа больших данных в социальной и экономической сфере, оптимизации городского планирования, обеспечения безопасности и мониторинга экологических процессов. Умные города (smart cities) на основе ИИ создают новые возможности для улучшения качества жизни и рационального использования ресурсов.

Сейчас ключевыми трендами являются:

- Генеративные модели (например, GPT и DALL·E), которые способны создавать тексты, изображения и код, открывая новые рынки креативных продуктов.
- Автоматизация знаний и процессов - ИИ помогает компаниям быстро обрабатывать большие массивы данных, принимать решения и минимизировать человеческий фактор.
- Цифровая трансформация экономики - внедрение ИИ меняет традиционные бизнес-модели, создавая возможности для цифровых платформ и сервисов, ориентированных на персонализацию.

Несмотря на значительный потенциал, широкое внедрение ИИ сопровождается рядом проблем.

Во-первых, актуальными остаются этические и правовые вопросы. Кто несет ответственность за ошибки алгоритмов? Как обеспечить защиту персональных данных? Эти вопросы требуют разработки нормативно-правовой базы и международных стандартов.

Во-вторых, существует риск сокращения рабочих мест вследствие автоматизации рутинных задач. Это обостряет социальные проблемы и ставит перед государствами задачу подготовки кадров к новым условиям.

В-третьих, наблюдается проблема цифрового неравенства. Доступ к передовым технологиям сосредоточен в руках ограниченного числа стран и корпораций, что может усилить глобальное экономическое неравенство.

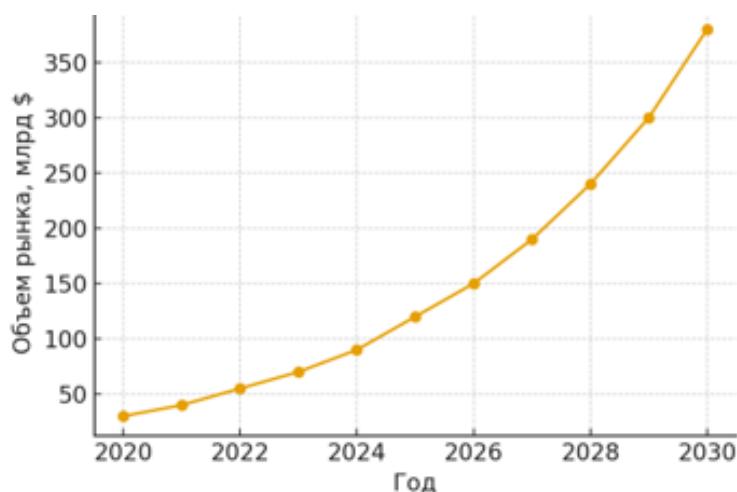


Рис.2. Прогноз роста мирового рынка ИИ, 2020-2030 гг.

Рисунок 2 демонстрирует прогноз роста мирового рынка искусственного интеллекта до 2030 года.

Перспективы развития ИИ связаны с дальнейшей интеграцией в ключевые отрасли экономики и социальной сферы. Ожидается рост глобального рынка ИИ, который, по прогнозам аналитиков, в ближайшие годы будет увеличиваться двузначными темпами. Большие возможности открываются в области государственного управления: прогнозирование социально-экономических процессов, повышение эффективности здравоохранения, обеспечение безопасности. В долгосрочной перспективе ИИ способен стать основой новых моделей экономики, ориентированных на знания, цифровизацию и устойчивое развитие. Важнейшим условием успешной интеграции ИИ является сочетание технологического прогресса с развитием правового регулирования и системы образования, а также с формированием этических норм [1].

В ближайшие годы ИИ станет ключевым драйвером экономического роста, формируя новые рынки и отрасли. Интеграция ИИ с другими технологиями, такими как Интернет вещей, блокчейн и облачные платформы, создаст новые возможности для глобальной цифровой экономики. Акцент на устойчивое развитие, социальную ответственность и этическое использование ИИ позволит создавать инновационную экономику, где технологии служат людям и повышают качество жизни.

Библиографический список

1. Интернет-ресурс: <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2025>
2. Интернет-ресурс: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>
3. Интернет-ресурс: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy>
4. Интернет-ресурс: <https://www.oecd.org/going-digital/ai/>

References

1. Internet resource: <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2025>
2. Internet resource: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>
3. Internet resource: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy>
4. Internet resource: <https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/data-fabric/>

УДК 338.48

Воронежский государственный
технический университет

Магистрант кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева

Е.А. Ганнова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(980)557-14-10
e-mail: gannova00@mail.ru

к.э.н., доцент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева

И.В. Фатеева

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)228-18-65
e-mail: fat.irina2015@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

Master's student, Department of Innovation
and Construction Physics named after
Professor I.S. Surovtsev

E.A. Ganova

Russia, Voronezh, Tel.: +7(980)557-14-10
e-mail: gannova00@mail.ru

Cand. of Econ. Sciences, Associate Professor,
Department of Innovation and Construction
Physics named after Professor I.S. Surovtsev

I.V. Fateeva

Russia, Voronezh, Tel.: +7(920)228-18-65
e-mail: fat.irina2015@yandex.ru

Е.А. Ганнова, И.В. Фатеева

ИННОВАЦИИ В РАЗВИТИИ ТУРИЗМА. ПОНЯТИЕ СОЦИАЛЬНОГО ТУРИЗМА

Аннотация: На развитие инноваций в туристической отрасли оказывают влияние различные социально-экономические факторы. Сфера туризма постоянно подстраивается под запросы современного общества и развивается в областях, транспортных перевозок, коммуникации и организации. Внедрение передовых технологий способствует удовлетворению растущих человеческих потребностей. Важно выделить ведущие направления туризма, которые способствуют развитию туристической отрасли. Необходимо также отметить важность развития социального туризма, его роль в развитии туристической индустрии.

Приведенный анализ факторов, определяющих конкурентоспособность организации ООО «Мрия», показал, какие меры необходимо предпринять для укрепления ее позиций в туристической отрасли. Установлено, что изучение факторов, определяющих конкурентоспособность организации, а также разработка эффективных методов её оценки, мониторинг текущего положения при помощи этих методов являются актуальными задачами, ведущими к усилению позиций предприятия.

Ключевые слова: инновации, туризм, развитие туризма, инновационное развитие, туристическая сфера, социальный туризм

E.A. Ganova, I.V. Fateeva

INNOVATIONS IN TOURISM DEVELOPMENT. CONCEPT OF SOCIAL TOURISM

Abstract: The development of innovations in the tourism industry is influenced by various socio-economic factors. The tourism industry is constantly adjusting to the demands of modern society and is developing in the areas of transportation, communication and organization. The introduction of advanced technologies contributes to meeting the growing needs of tourists. It is important to highlight the leading directions of tourism, which contribute to the development of the tourism industry. It is also necessary to note the importance of the development of social tourism, its role in the development of the tourism industry.

The analysis of the factors determining the competitiveness of Mriya LLC has shown what measures need to be taken to strengthen its position in the tourism industry. It has been established that the study of the factors determining the competitiveness of an organization, as well as the

development of effective methods for evaluating it, monitoring the current situation using these methods are urgent tasks leading to strengthening the position of the enterprise.

Keywords: innovations, tourism, tourism development, innovative development, tourism sphere, social tourism

Инновационная деятельность представляет собой создание и производство новой продукции с присущими ей новыми свойствами, создание, а также применение новых или модернизированных уже имеющихся способов производства продукции, применение нововведений в различных сферах жизни для обеспечения качественного выполнения целей.

Роль инноваций в современной экономике значительно возросла. Основная причина такого роста заключается в том, что в рыночной экономике инновации представляют собой метод конкуренции, так как инновация ведет к снижению себестоимости, цен и росту прибыли, созданию новых потребностей.

Инновационную деятельность можно рассматривать как совокупность технических, научных коммерческих и организационных мероприятий, направленных на получение прибыли за счет внедрения технологий, оборудования и применения новых знаний. Инновационная деятельность включает в себя следующие процессы: выявление проблем в развитии, осуществление внедрение инноваций и организацию инновационного процесса. Основная цель осуществления инновационной деятельности заключается в обновлении.

На сегодняшний день туризм является одной из самых быстроразвивающихся отраслей экономики. Бизнес в сфере туризма требует своевременных нововведений и изменений в оказании туристических услуг, чтобы иметь возможность оставаться на должном уровне и обеспечивать стабильный рост. Освоение передовых технологий и внедрение инноваций в данную отрасль создает конкурентную борьбу на рынке и способствует повышению качества оказания услуг.

Причины и мотивы возникновения инноваций могут быть совершенно разными:

1. Постоянные потребности населения в познании особенностей и культуры различных регионов;
2. Перенасыщение многих, ставших уже классическими, направлений путешествий;
3. Необходимость удовлетворять желания самых привередливых туристов в требуемых условиях отдыха [1].

В современном мире идет стремительно развитие новых технологий и инноваций, которые применяются в самых различных сферах экономики, включая и туристскую отрасль, обеспечивая ее стабильное развитие и улучшение отдельных аспектов ее деятельности.

Следует отметить, что рекреационный сектор экономики страны является одним из самых востребованных и прибыльных. Таким образом, происходит широкое развитие инновационной деятельности, направленной на улучшение сферы туризма. Именно внедрение инноваций в туристский бизнес является базовым стратегическим направлением развития турииндустрии. Ключевыми направлениями инновационной деятельности в этой области являются:

1. Выпуск нового туристического продукта;
2. Использование новых туристических ресурсов;
3. Выявление новых рынков производства и сбыта туристской продукции, предоставления туристических услуг.

Основными инновационными мероприятиями на туристическом рынке являются:

1. Использование современного оборудования и снаряжения для организации туристских мероприятий;
2. Внедрение современных информационных технологий для разработки определенных приложений, сайтов, организаций взаимодействия туристских групп и компаний;
3. Разработка и внедрение новых услуг: обновленные туры с инновационными элементами отдыха, налаживание взаимосвязи с авиакомпаниями;

4. Строительство новых туристических объектов на основе современных технологий [2].

Развитие туризма, особенно внутреннего, требует большого внимания ко всем его направлениям, в том числе — гастрономической составляющей. На развитие гастротуризма активно направляются региональные меры поддержки. Примером успешного развития такого вида туризма может выступать ресторан Valentino Bontempi, открывшийся на территории города Воронеж. На начальном этапе реализации этого проекта существенным подспорьем стало получение залогового поручительства от Гарантийного фонда. В организации рекламы помочь была оказана в региональном Центре «Мой бизнес». Проект Farm&Village, который представляет из себя загородный комплекс, на территории которого располагается отель, ресторан и ремесленная сыроварня, также смог расшириться при поддержке региона [3].

Индустрия социального туризма в Российской Федерации, в свою очередь, считается обязательной составляющей туризма — государственной туристской сферы, правомочным соучастником социально-экономического формирования государства. Социальный туризм затрагивает круг интересов миллионов людей, подпадающих под программу социальной защиты населения.

Социальный туризм полностью или частично осуществляется за счет бюджетных средств, средств государственных внебюджетных фондов (в том числе средств, выделяемых в рамках государственной социальной помощи), а также средств работодателей [4].

Социальный туризм является одним из важнейших видов в системе турииндустрии, и нужен серьезный импульс для его развития и обращения к нему внимания со стороны государства и бизнеса [5]. В этой сфере приоритетным направлением, особенно ввиду современной геополитической обстановки, является лечебно-оздоровительный отдых. При этом социальный туризм уменьшает некоторые недостатки рыночной экономики туризма. Он позволит снизить «сезонную концентрацию» спроса на определенной территории, таким образом, воздействие высокого сезона будет выражено в меньшей степени [6].

Отмечая значимую роль инноваций и участия в социальных проектах, стоит выделить оздоровительный курорт ООО «Мрия», расположенный в 21 км от Ялты на побережье Чёрного моря.

Более 7 млрд рублей организация ООО «Мрия» вложила в различные социальные проекты, имеющие большую значимость для населения. При поддержке ООО «Мрия» ведется активное строительство детских и спортивных площадок, а также их обслуживание. Активное участие организация принимает в благоустройстве улиц популярного курортного города Ялта, занимается модернизацией парков, скверов и пляжей.

Это строительство школы в селе Новопокровка в Кировском районе и военного общежития в Севастополе, капитальный ремонт школы в Гаспре, начало благоустройства Воронцовского дворца и Алупкинского парка, обновление фонтана в Ялте и туристической тропы Шайтан-Мердвен.

Необходимо отметить важность внедрения инноваций в сферу услуг. Новые технологии и подходы позволяют улучшить качество предоставляемых услуг, повысить их доступность и удобство для клиентов. Организации, которые активно вводят инновации, способны не только удерживать текущих клиентов, но и привлекать новых, что способствует их устойчивому развитию, повышению конкурентоспособности и основательному закреплению на рынке [7].

SWOT-анализ является универсальным инструментом стратегического планирования, который открывает возможность для организаций к упорядочиванию информации о своей деятельности и внешней среде. Основная цель SWOT-анализа — выявить сильные (Strengths) и слабые стороны (Weaknesses) предприятия, а также возможности (Opportunities) и угрозы (Threats), связанные с внешней средой.

В санаторно-курортной отрасли использование SWOT- анализа открывает возможность для акцентирования основных аспектов, с помощью которых можно оценить

конкурентоспособность организаций. Согласно исследованию 2024 года, 78% предприятий санаторно-курортного комплекса в России применяют этот метод для оценки своей рыночной позиции.

В ходе анализа были выявлены ключевые факторы, от которых напрямую зависит конкурентоспособность предприятий санаторно-курортного комплекса. Качество предоставляемых услуг и уровень сервиса считаются главными факторами, влияющими на удовлетворенность клиентов и их лояльность.

В организации ООО «Мрия» этот анализ позволил определить ее сильные и слабые стороны, а также указал на ее возможности и определил ряд угрожающих факторов (угроз).

К сильным сторонам санаторно-курортной организации относятся:

1. Удачное расположение на местности;
2. С большой степенью вероятности гости приезжают на этот курорт повторно;
3. Разнообразный номерной фонд, отвечающий всем уровням комфорта;
4. Вариация дополнительных услуг и их дифференциация;
5. Высокий уровень квалификации сотрудников и, соответственно, высокий уровень сервиса;
6. Возможность для проведения различного уровня конференций и семинаров ввиду наличия конференц-зала;
7. Популярность курорта.

В перечень слабых сторон организации входят следующие позиции:

1. Нестабильность штата сотрудников ввиду сезонности работы;
2. Значительно завышен уровень цен относительно других организаций временного размещения с более низким уровнем обслуживания;
3. Прямая зависимость загрузки номерного фонда от сезонов года;
4. Доля индивидуальных клиентов превалирует, в том время как санаторно-курортный комплекс должен быть ориентирован на корпоративного клиента;
5. Стратегическое направление развития курорта не реализовано.

К возможностям, которые улучшат конкурентоспособность организации, необходимо отнести следующие:

1. Расширение спектра льгот и скидок для клиентов;
2. Повышение качества предоставляемых услуг;
3. Мониторинг клиентской базы;
4. Улучшение коммуникаций с потенциальными клиентами путем использования социальных сетей и мессенджеров.

Основная угроза, в свою очередь, состоит в:

1. Росте конкуренции в туристической отрасли;
2. Спаде туристического потока ввиду снижения покупательной способности населения, т.е. инфляционном риске;
3. Ухудшении внешнеполитической ситуации в стране [8].

Таким образом, в статье показана ключевая роль внедрения инноваций в повышении привлекательности и конкурентоспособности предприятий, также отмечена важность развития социального туризма и участия организаций туристической отрасли в социально-значимых для населения проектах.

Библиографический список

1. Солдатова К.А. Инновации в туристической отрасли / К.А. Солдатова, А.А. Крюкова // Стратегии бизнеса. – 2018. – № 8(52). – С. 7-11. – Интернет-ресурс: <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2018-8-07-11>
2. Чунина А.Е. Перспективы внедрения инноваций как стратегия развития туристского бизнеса / А.Е. Чунина, Д.Г. Синицына, В.С. Коноплева // Вектор экономики. – 2020. –

- № 5(47). – С. 50-63. – Интернет-ресурс:
https://elibrary.ru/download/elibrary_42970936_20041177.pdf
3. Интернет-ресурс: <https://facto.ru/longread-2023-08-25/vrn-turizm-new.html?ysclid=lx7bzl0sep158540164>
4. Дурня О.Н. Анализ развития социального туризма в регионах РФ / О.Н. Дурня, О.В. Бурдюгова // Перекресток идей и гипотез: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 18 ноября 2019 года. – Чебоксары: Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования «Экспертно-методический центр», 2019. – С. 66-73. – Интернет-ресурс: https://elibrary.ru/download/elibrary_41693550_64995858.pdf
5. Карпова Ю.И. Перспективы развития социального туризма в России / Ю.И. Карпова, Т.А. Волкова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 11-5. – С. 676-679. – Интернет-ресурс: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=8813&ysclid=lx7dcwbllu436564342>
6. Карпова Ю.И. Социальный туризм в Российской Федерации / Ю.И. Карпова, Т. А. Волкова, Д.А. Комаров, Д.В. Максимов // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 7. – С. 32-41. – Интернет-ресурс: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38068>
7. Загарских А.А. Предложения по совершенствованию инновационно-информационных технологий в санаторно-курортной сфере / А.А. Загарских, Н.В. Гамулинская // Дневник науки. – 2024. – № 1(85). – Интернет-ресурс: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2024/1/economy/Zagarskikh_Gamulinskaya.pdf
8. Ревич М Г. Оценка конкурентоспособности предприятия санаторно-курортного комплекса / М.Г. Ревич, А.В. Олифиров // Экономика устойчивого развития региона: инновации, финансовые аспекты, технологические драйверы развития в сфере туризма и гостеприимства: Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 80-летия Победы, Ялта, 26–29 марта 2025 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2025. – С. 123-126. – Интернет-ресурс: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_81024674_20229318.pdf

References

1. Soldatova K.A. Innovations in the tourism industry / K.A. Soldatova, A.A. Kryukova // Business Strategies. - 2018. - No. 8 (52). - P. 7-11. - Internet resource: <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2018-8-07-11>
2. Chunina A.E. Prospects for the implementation of innovations as a strategy for the development of the tourism business / A.E. Chunina, D.G. Sinityna, V.S. Konopleva // Vector of Economics. - 2020. - No. 5 (47). - P. 50-63. – Internet resource: https://elibrary.ru/download/elibrary_42970936_20041177.pdf
3. Internet resource: <https://facto.ru/longread-2023-08-25/vrn-turizm-new.html?ysclid=lx7bzl0sep158540164>
4. Durnya O. N. Analysis of the development of social tourism in the regions of the Russian Federation / O. N. Durnya, O. V. Burdyugova // Crossroads of ideas and hypotheses: Materials of the All-Russian scientific and practical conference, Cheboksary, November 18, 2019. – Cheboksary: Non-governmental educational private institution of additional professional education "Expert and Methodological Center", 2019. – pp. 66-73. – Internet resource: https://elibrary.ru/download/elibrary_41693550_64995858.pdf
5. Karpova Yu.I. Prospects for the Development of Social Tourism in Russia / Yu.I. Karpova, T.A. Volkova // International Journal of Experimental Education. – 2015. – No. 11-5. – P. 676-679. – Internet resource: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=8813&ysclid=lx7dcwbllu436564342>

6. Karpova Yu.I. Social Tourism in the Russian Federation / Yu.I. Karpova, T.A. Volkova, D.A. Komarov, D.V. Maksimov // Successes of Modern Natural Science. – 2023. – No. 7. – P. 32-41. – Internet resource: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38068>
7. Zagarskikh A.A. Proposals for improving innovation and information technologies in the health resort sphere / A.A. Zagarskikh, N.V. Gamulinskaya // Science Diary. – 2024. – No. 1(85). – Internet resource: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2024/1/economy/Zagarskikh_Gamulinskaya.pdf
8. Revich M.G. Assessment of the competitiveness of an enterprise of the health resort complex / M.G. Revich, A.V. Olifirov // Economics of sustainable development of the region: innovations, financial aspects, technological drivers of development in the field of tourism and hospitality: Proceedings of the XII International scientific and practical conference dedicated to the celebration of the 80th anniversary of the Victory, Yalta, March 26–29, 2025. – Simferopol: Limited Liability Company “Arial Publishing House Printing House”, 2025. – P. 123–126. – Internet resource: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_81024674_20229318.pdf

УДК 621.316.11

Воронежский государственный
технический университет

Магистрант кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева

А.Ю. Глотова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)774-72-92
e-mail: nastyaglotova02@mail.ru

Профессор кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суровцева
С.С. Уварова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)412-84-37
e-mail: uvarova_s.s@mail.ru

Voronezh State

Technical University

Master's student of the department
of innovation and building physics named after
prof. I.S. Surovtsev

A.Yu. Glotova

Russia, Voronezh, ph.: +7(950)774-72-92
e-mail: nastyaglotova02@mail.ru

Professor of the department of innovation
and building physics named after
prof. I.S. Surovtsev
S.S. Uvarova

Russia, Voronezh, ph.: +7(920)412-84-37
e-mail: uvarova_s.s@mail.ru

А.Ю. Глотова, С.С. Уварова

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕТЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕКЦИОНИРУЮЩИХ ПУНКТОВ
(РЕКЛЮЗЕРОВ)**

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы повышения надежности распределительных электрических сетей в условиях цифровизации энергетического сектора. Особое внимание уделено применению реклоузеров как ключевого элемента интеллектуальной сети. Приведена методика расчета основных показателей надежности электроснабжения (SAIDI, SAIFI) на примере упрощенных исходных данных. По результатам расчетов обоснована эффективность внедрения реклоузеров и обозначены перспективы дальнейшей цифровизации.

Ключевые слова: электроснабжение, надежность, SAIDI, SAIFI, реклоузер, цифровизация, распределительные сети.

A.Yu. Glotova, S.S. Uvarova

**METHOD OF CALCULATING RELIABILITY INDICATORS AND QUALITY
INDICATORS OF ELECTRICITY SUPPLY DURING NETWORK MODERNIZATION
USING SECTIONALIZING POINTS (RECLOSER)**

Abstract: the article examines issues of increasing the reliability of distribution power grids in the context of digitalization of the energy sector. Particular attention is paid to the use of reclosers as a key element of the smart grid. A methodology for calculating the main indicators of power supply reliability (SAIDI, SAIFI) is given using simplified initial data as an example. Based on the calculation results, the efficiency of implementing reclosers is substantiated and prospects for further digitalization are outlined.

Keywords: power supply, reliability, SAIDI, SAIFI, recloser, digitalization, distribution networks.

Современная электроэнергетика находится в стадии активной цифровой трансформации. Цифровизация позволяет не только повысить эффективность управления сетью, но и существенно улучшить показатели надежности и качества электроснабжения потребителей. Одним из наиболее эффективных решений в распределительных сетях

является внедрение автоматических реклоузеров - интеллектуальных выключателей повторного включения, которые позволяют локализовать повреждение и минимизировать количество отключённых потребителей [2].

Реклоузеры широко применяются в международной практике как элемент «умных сетей» (Smart Grid). Их использование обеспечивает:

- сокращение времени поиска и устранения повреждений;
- автоматическую изоляцию аварийных участков;
- снижение длительности и частоты перерывов электроснабжения [3].

Таким образом, реклоузеры не только повышают надежность, но и служат основой для последующего внедрения цифровых систем управления сетями.

Для оценки эффективности внедрения цифровых решений применяются показатели надежности электроснабжения, рекомендованные международной практикой и нормативами в России [1]. К основным относятся:

- SAIDI (System Average Interruption Duration Index) - средняя продолжительность перерыва электроснабжения, приходящаяся на одного потребителя за год:

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{N}, \quad (1)$$

где U_i - длительность перерыва на i -том участке,

N_i - число отключенных потребителей,

N - общее количество потребителей.

- SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) - среднее число перерывов электроснабжения на одного потребителя за год:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{N}, \quad (2)$$

где λ_i - количество отключений на i -том участке.

Для примера рассмотрим фрагмент распределительной сети 10 кВ с общим числом 5000 потребителей.

В таблице 1 представлены усреднённые данные по авариям (на основе методических указаний ПАО «Россети»):

Таблица 1
Исходные данные

Участок сети	Количество потребителей, чел.	Количество отключений в год	Средняя длительность одного отключения
Линия 1	2000	0,6	1,5
Линия 2	1500	0,4	2,0
Линия 3	1500	0,3	2,2

При отсутствии реклоузеров повреждения приводят к отключению всей линии. После установки реклоузеров отключается только повреждённый участок (допустим, 30% потребителей линии) [1].

Таблица 2

Результаты расчета

Сценарий	SAIDI, час/год	SAIFI, откл./год	Комментарий
До внедрения реклоузеров	2,35	1,12	Повреждения приводят к массовым отключениям
После внедрения реклоузеров	1,10	0,65	Автоматическая изоляция аварийных участков снижает показатели

Сравнительный анализ показывает, что внедрение реклоузеров снижает среднюю продолжительность перерывов в 2 раза и частоту отключений почти на 40%. Это позволяет не только повысить уровень надежности электроснабжения, но и улучшить качество обслуживания потребителей.

Кроме того, сокращение времени простоя имеет прямой экономический эффект: уменьшаются убытки промышленных предприятий от вынужденных остановок, а также улучшается удовлетворённость бытовых потребителей.

На основании исследования можно сделать следующие выводы:

1. Цифровизация энергетического сектора создаёт новые возможности для повышения надежности распределительных сетей.
2. Внедрение реклоузеров является эффективным способом снижения показателей SAIDI и SAIFI [4].
3. Практические расчеты показывают значительное улучшение качества электроснабжения после применения реклоузеров.
4. Перспективным направлением является дальнейшая интеграция реклоузеров в систему цифрового управления сетями с использованием аналитики и технологий предиктивного обслуживания.

Библиографический список

1. ПАО «Россети» // Методические указания по расчету показателей надежности электроснабжения, - 2020 – Интернет-ресурс: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/e9d/dsf03wi49ugh1olir05pu9mrzbd2ajqs.pdf>
2. Киселёв С.В., Ключников А.А. Цифровизация электроэнергетики: концепции, технологии, перспективы / С.В. Киселёв, А.А. Ключников // Энергетическая политика. - 2021. - №3. - С. 34-42.
3. Сивеев Т.М., Реклоузер как инструмент повышения надёжности / Т.М. Сивеев // Столыпинский вестник. - 2022. - №5. - С. 2592-2603.
4. Старостин Е.С. Повышение надёжности распределительных сетей путем внедрения САВС и селективного АПВ / Е.С. Старостин // Известия КГТУ. - 2024. - №73. - С. 125-137.

References

1. PJSC Rosseti // Methodological Guidelines for Calculating Electricity Supply Reliability Indicators, - 2020 – Internet resource: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/e9d/dsf03wi49ugh1olir05pu9mrzbd2ajqs.pdf>
2. Kiselev S.V., Klyuchnikov A.A. Digitalization of the Electric Power Industry: Concepts, Technologies, Prospects / S.V. Kiselev, A.A. Klyuchnikov // Energy Policy. - 2021. - No. 3. - Pp. 34-42.
3. Siveev T.M., Recloser as a Tool for Improving Reliability / T.M. Siveev // Stolypin Bulletin. - 2022. - No. 5. - Pp. 2592-2603.

4. Starostin E.S. Improving the reliability of distribution networks by introducing CABC and selective automatic reclosure / E.S. Starostin // Bulletin of KSTU. - 2024. - No. 73. - P. 125-137.

УДК 37.091.3

Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
инноватики и строительной физики имени
профессора И.С. Суровцева
С.Н. Дьяконова
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)410-13-55
e-mail: sof1355@yandex.ru
Ассистент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
Д.В. Сысоева
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(910)040-58-61
e-mail: psareva.darja@yandex.ru
Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
А.М. Никифорова
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(999)587-21-31
e-mail: nikiforova3103@icloud.com

Voronezh State
Technical University
Cand. Tech. Sci., Associate Professor,
Department of Innovation and Construction
Physics named after Professor I.S. Surovtsev
S.N. Dyakonova
Russia, Voronezh, tel.: +7 (920) 410-13-55
e-mail: sof1355@yandex.ru
Assistant, Department of Innovation and
Construction Physics named after Professor
I.S. Surovtsev
D.V. Sysoeva
Russia, Voronezh, tel.: +7 (910) 040-58-61
e-mail: psareva.darja@yandex.ru
Student, Department of Innovation and
Construction Physics named after Professor
I.S. Surovtsev
A.M. Nikiforova
Russia, Voronezh, tel.: +7(999)587-21-31
e-mail: nikiforova3103@icloud.com

С.Н. Дьяконова, Д.В. Сысоева, А. М. Никифорова

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CHATGPT

Аннотация: в статье о новых технологиях рассматривается потенциал ChatGPT, чат-бота на базе искусственного интеллекта, разработанного компанией OpenAI, в качестве образовательной технологии. Опираясь на результаты исследований в области искусственного интеллекта и образования, рассмотрим возможности ChatGPT для обучения, преподавания и оценки знаний, а также то, как этот инструмент используется на практике. Также рассматриваются потенциальные этические проблемы и ограничения, связанные с его использованием в образовании. Несмотря на значительный интерес к потенциалу ChatGPT в сфере образования и созданию более персонализированных, эффективных и практических методов обучения, существуют опасения по поводу того, какое влияние это может оказывать на взаимодействие между людьми и на сам процесс обучения. Внедрение ChatGPT в образовательные учреждения предлагает множество возможностей для улучшения обучения и преподавания. Однако важно учитывать и преодолевать вызовы, чтобы обеспечить эффективное и этичное использование технологий в образовании.

Ключевые слова: инновации, ChatGPT, инновационные методы, преимущества ChatGPT, аналоги ChatGPT, влияние на образование.

S.N. Dyakonova, D.V. Sysoeva, A.M. Nikiforova

INNOVATIVE TEACHING METHODS USING CHATGPT

Abstract: The article on new technologies examines the potential of ChatGPT, an artificial intelligence-based chatbot developed by OpenAI, as an educational technology. Based on the results of research in the field of artificial intelligence and education, we will consider the possibilities of ChatGPT for learning, teaching and knowledge assessment, as well as how this tool is used in practice. Potential ethical issues and limitations related to its use in education are also considered. Despite significant interest in ChatGPT's potential in education and the creation of more

personalized, effective, and practical teaching methods, there are concerns about the impact it could have on human interaction and the learning process itself. The introduction of ChatGPT in educational institutions offers many opportunities to improve learning and teaching. However, it is important to consider and overcome challenges in order to ensure the effective and ethical use of technology in education.

Keywords: innovations, ChatGPT, innovative methods, advantages of ChatGPT, analogues of ChatGPT, impact on education.

ChatGPT - это программа на основе искусственного интеллекта, разработанная OpenAI для создания текстовых ответов на вопросы и комментариев пользователей. Это продукт многолетних исследований в области искусственного интеллекта и глубокого обучения. ChatGPT использует алгоритмы машинного обучения, чтобы понимать естественный язык и генерировать соответствующие ответы. Преимущества чата рассмотрены на рис.1.

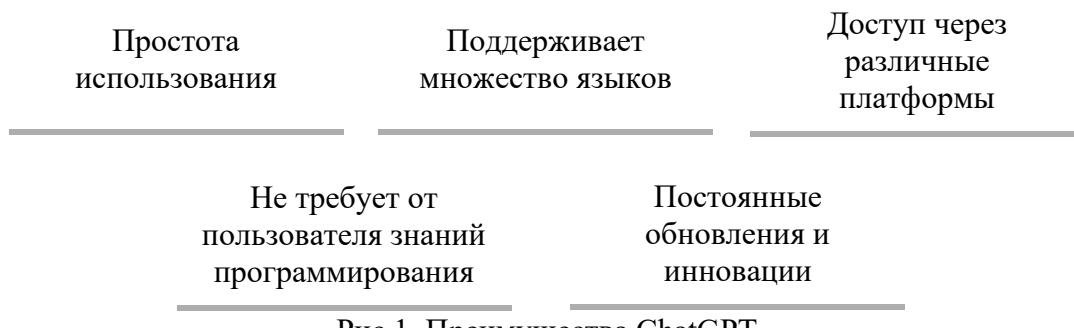


Рис.1. Преимущества ChatGPT

Одно из достоинств – это простота использования. Он может быть использован в качестве чата в любом мессенджере, например, Telegram, Facebook Messenger, WhatsApp и других. Необходимо ввести любой вопрос или комментарий, и ChatGPT сгенерирует ответ.

Модель способна учитывать контекст предыдущих сообщений, что позволяет ей поддерживать более естественный и связный диалог.

Недостатки ChatGPT – это генерация неверных ответов по сложным или специализированным темам. А также он нуждается в постоянном обучении, чтобы сохранять актуальность и точность ответов, что может потребовать дополнительных затрат на время и ресурсы. И не всегда ChatGPT может предлагать оригинальные идеи или решения (рис.2).

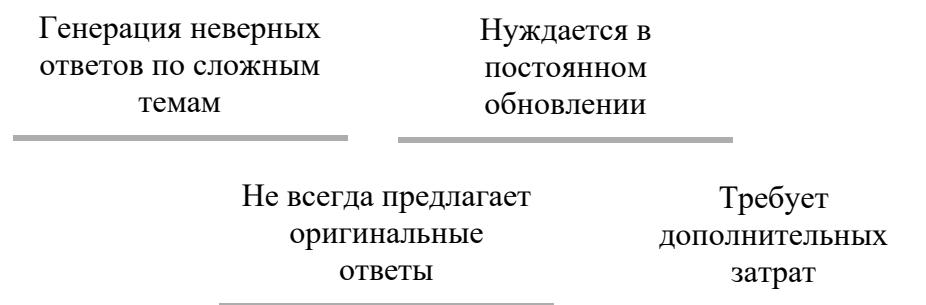


Рис.2. Недостатки ChatGPT

Существует множество аналогов ChatGPT, каждый из которых имеет свои уникальные особенности. Например, Google Bard и Claude акцентируют внимание на безопасности и этичности, в то время как Microsoft Copilot интегрирован в офисные приложения для помощи в написании. ChatSonic и YouChat предлагают более интерактивные функции, а Hugging Face предоставляет открытые модели для разработчиков. Более подробный обзор аналогов ChatGPT и их отличий представлен на рис.3.

HuggingChat	<ul style="list-style-type: none">Компания и сообщество, которые стали символом открытости и доступности в мире ИИ. Отличие: позволяет пользователям взаимодействовать с различными моделями и настраивать их под свои нужды
Гигачат	<ul style="list-style-type: none">Русскоязычная нейросеть от Сбера. Отличие: имеет функции работы с изображениями, доступные после авторизации, в то время как текстовый чат доступен без регистрации
You.com	<ul style="list-style-type: none">Поисковая система с интегрированным ИИ-помощником. Отличие: позволяет пользователям делать запросы без использования VPN и предлагает доступ к различным источникам информации
YandexGPT	<ul style="list-style-type: none">ИИ от Яндекса, интегрированный с Алисой. Отличие: предлагает уникальные функции, связанные с экосистемой Яндекса, но требует авторизации
Deepseek	<ul style="list-style-type: none">Новая китайская нейросеть, доступная в России. Отличие: быстро набирает популярность благодаря своей способности обрабатывать запросы, обходя другие модели
ChatGPT4 Midjourney	<ul style="list-style-type: none">Модель, способная обрабатывать текст и изображения. Отличие: уникальная возможность считывать текст с изображений, что делает её полезной для решения задач, связанных с визуальным контентом

Рис.3. Обзор аналогов ChatGPT

Каждый из этих аналогов имеет свои сильные и слабые стороны, что позволяет пользователям выбирать наиболее подходящий инструмент в зависимости от их потребностей.

Влияние ChatGPT на образование

ChatGPT оказывает значительное влияние на образование, его можно приравнять к влиянию, связанному с появлением сначала интернета, а затем и смартфонов. Но возможно, что ChatGPT повлияет на обучение даже сильнее. Это влияние можно рассмотреть с различных сторон.

Использование ChatGPT в образовательном процессе имеет множество положительных аспектов. Во-первых, он доступен круглосуточно, что позволяет учащимся учиться в любое время, которое им удобно. Это особенно актуально для студентов, которые совмещают учебу с работой или другими обязанностями, так как они могут получать помощь и информацию в удобные для них часы. Во-вторых, ChatGPT предоставляет мгновенный доступ к обширной базе знаний, что позволяет учащимся быстро находить ответы на свои вопросы и получать объяснения по различным темам. Это значительно упрощает процесс обучения и делает его более эффективным.

Кроме того, ChatGPT может оказать помощь учащимся в выполнении домашних заданий, предлагая подсказки, объяснения и примеры. Это не только снижает уровень стресса, связанного с учебой, но и повышает уверенность учащихся в своих силах, так как

они могут получать поддержку в сложных вопросах. При осознанном и целенаправленном использовании ChatGPT может стать мощным инструментом для развития критического мышления. Например, если студенты используют ИИ для поиска информации, проверки фактов и анализа различных точек зрения, это способствует более глубокому пониманию учебного материала и формированию аналитических навыков.

Интеграция нейросетей в образовательный процесс также помогает студентам быть более гибкими и быстро осваивать новые технологии. Это, в свою очередь, развивает их творческий подход к решению учебных задач, позволяя находить нестандартные решения и подходы. Таким образом, ChatGPT не только облегчает процесс обучения, но и способствует развитию важных навыков, необходимых в современном мире.

Однако, с другой стороны, использование ChatGPT также имеет свои недостатки. Если студенты полагаются на него исключительно для получения готовых ответов, это может привести к снижению самостоятельности, деградации навыков анализа и потере интереса к обучению.

Исследования показывают, что учащиеся, часто использующие ChatGPT при выполнении учебных заданий, могут сталкиваться с ухудшением памяти, склонностью к прокрастинации и более низкой академической успеваемостью.

Кроме того, с появлением ChatGPT учителя могут стать более недоверчивыми к своим ученикам, так как сочинения, решения математических задач и даже написанные программы могут быть созданы ботом. Это создает риск, что любой ученик, использующий технологию, сможет выдавать результаты не хуже среднего, даже если не разбирается в вопросе. Вдобавок у студентов может возникнуть чувство несправедливости: почему одни списывают, а другие учат всю ночь, при этом преподаватели оценивают их знания одинаково. Это может полностью отбить желание и интерес к учебе, так как студенты начинают сомневаться в ценности своих усилий.

Таким образом, можно ожидать либо увеличения числа студентов, которые будут получать дипломы, не обладая реальными знаниями и навыками, либо необходимости пересмотра подхода к формулировке заданий и оценке знаний. Важно найти баланс между использованием технологий и развитием самостоятельности и критического мышления у студентов, чтобы обеспечить качественное образование в условиях современного мира. Для этого следует внедрять задания, которые требуют анализа, сопоставления и критической оценки информации, полученной от ИИ. Кроме того, ChatGPT следует использовать как вспомогательный инструмент, а не как замену самостоятельной работы, что поможет студентам развивать свои навыки и углублять понимание учебного материала. Такой подход позволит максимально эффективно интегрировать технологии в образовательный процесс, сохраняя при этом высокие стандарты обучения (рис.4).

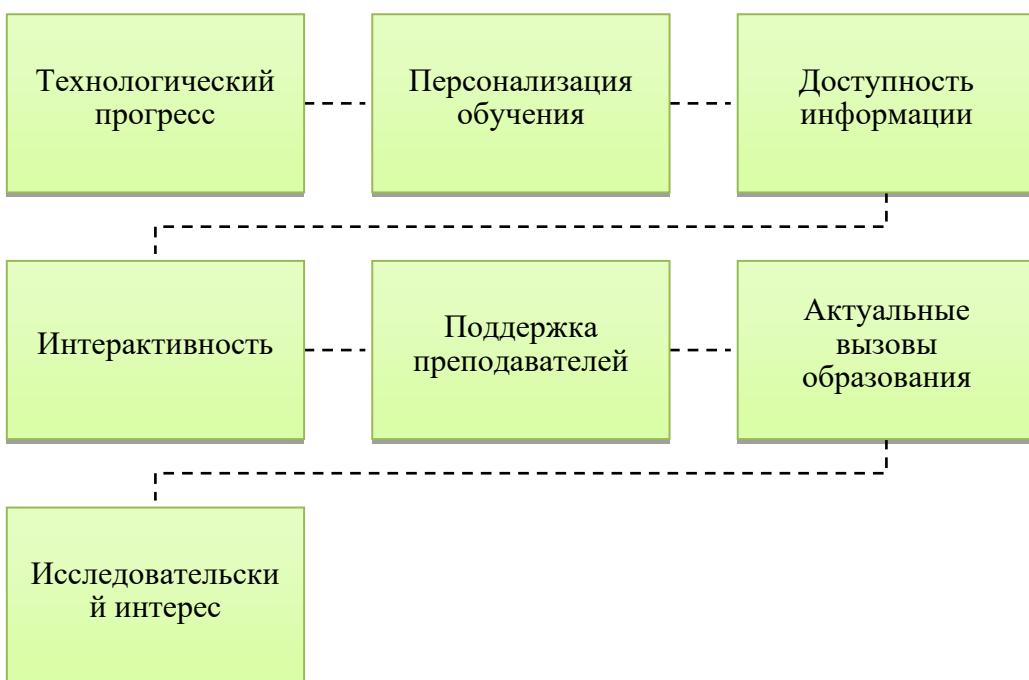


Рис.4. Инновационные методы обучения с использованием ChatGPT

Таким образом, изучение инновационных методов обучения с использованием ChatGPT является важной и актуальной задачей, способствующей улучшению образовательного процесса и подготовке студентов к современным вызовам.

В заключении можно сделать вывод, что ChatGPT и аналогичные технологии искусственного интеллекта могут принести значительную пользу образованию, но их влияние зависит от того, как они используются. При правильной организации учебной среды искусственный интеллект способен стать мощным инструментом и помощником для повышения качества образования, однако требует педагогического контроля и осознанного подхода со стороны обучающихся.

Библиографический список

1. Дьяконова С.Н., Сысоева Д.В., Осипов А.А. Инновационное предпринимательство: толковый терминологический словарь / С.Н. Дьяконова, Д.В. Сысоева, А.А. Осипов. - Издательство: Истоки (Москва), 2022. – 122 с. - ISBN: 978-5-4473-0356-3.
2. Дьяконова С.Н., Сысоева Д.В., Кудрявцева И.С., Мышовская Л.П. Технологии нововведений / С.Н. Дьяконова, Д.В. Сысоева, И.С. Кудрявцева, Л.П. Мышовская. - Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «ИСТОКИ» (Воронеж), 2023. – 210 с. - SBN: 978-5-4473-0377-8.
3. 12 лучших альтернатив ChatGPT: Сравнительный гид [2025] / Guru – Интернет-ресурс: <https://www.getguru.com/ru/reference/chatgpt-alternatives>
4. Чапкин Н.С. Применение ChatGPT в образовании и науке / Н.С. Чапкин // Альманах Крым. Экономика, инновации, 2023. – С. 42-46. - Интернет-ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-chatgpt-v-obrazovanii-i-nauke>
5. Капустина Л.В., Ермакова Ю.Д., Калюжная Т.В. ChatGPT и образование: вечное противостояние или возможное сотрудничество / Л.В. Капустина, Ю.Д. Ермакова, Т.В. Калюжная // Научно-методический журнал «Концепт», 2023. - №10 (октябрь). – С. 119-132. – Интернет-ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/chatgpt-i-obrazovanie-vechnoe-protivostoyanie-ili-vozmozhnoe-sotrudnistvo>
6. Бермус А. Преимущества и риски использования GPT / А. Бермус // Педагогика. Вопросы теории и практики, 2024. – Т.9, Вып. 8. – С. 776-787. – Интернет-ресурс: https://www.researchgate.net/publication/383433154_Preimyestva_i_riski_ispolzovaniya_GP

T_v_sisteme_vyssego_obrazovania_teoreticeskij_obzor

References

1. Dyakonova S.N., Sysoeva D.V., Osipov A.A. Innovative entrepreneurship: explanatory terminological dictionary / S.N. Dyakonova, D.V. Sysoeva, A.A. Osipov. - Publisher: Istoki (Moscow), 2022. - 122 p. - ISBN: 978-5-4473-0356-3.
2. Dyakonova S.N., Sysoeva D.V., Kudryavtseva I.S., Myshovskaya L.P. Innovation technologies / S.N. Dyakonova, D.V. Sysoeva, I.S. Kudryavtseva, L.P. Myshovskaya. - Publisher: Limited Liability Company "ISTOKI" (Voronezh), 2023. - 210 p. - SBN: 978-5-4473-0377-8.
3. 12 Best ChatGPT Alternatives: A Comparative Guide [2025] / Guru – Internet resource: <https://www.getguru.com/ru/reference/chatgpt-alternatives>
4. Chapkin N.S. Application of ChatGPT in Education and Science / N.S. Chapkin // Almanac Crimea. Economy, Innovations, 2023. - Pp. 42-46. – Internet resource: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-chatgpt-v-obrazovanii-i-nauke>
5. Kapustina L.V., Ermakova Yu.D., Kalyuzhnaya T.V. ChatGPT and Education: Eternal Confrontation or Possible Cooperation / L.V. Kapustina, Yu.D. Ermakova, T.V. Kalyuzhnaya // Scientific and Methodological Journal "Concept", 2023. - No. 10 (October). - Pp. 119-132. – Internet resource: <https://cyberleninka.ru/article/n/chatgpt-i-obrazovanie-vechnoe-protivostoyanie-ili-vozmozhnoe-sotrudnistvo>
6. Bermus A. Advantages and Risks of Using GPT / A. Bermus // Pedagogy. Theory and Practice, 2024. - Vol. 9, Issue 8. - Pp. 776-787. - Internet resource: https://www.researchgate.net/publication/383433154_Preimyestva_i_riski_ispolzovaniya_GP

УДК 574.46

Воронежский государственный
технический университет
Кандидат технических наук, доцент
кафедры инновации и строительной
физики имени профессора И.С. Суровцева
С.Н. Дьяконова
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)410-13-55
e-mail: sof1355@yandex.ru

Кандидат экономических наук, доцент
кафедры инновации и строительной
физики имени И.С. Суровцева
И. В. Фатеева

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)228-18-65
e-mail: fat.irina2015@yandex.ru

Студент кафедры инновации и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
К. А. Чупахин.

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-950-769-62-59
e-mail: kchupahin@gmail.com

Студент кафедры инновации и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
М. А. Бердников

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-900-930-26-45
e-mail: maks.ber@internet.ru

Voronezh State
Technical University
Cand. of Tech. Sc., Associate Professor,
Department of Innovation and Construction
Physics named after Professor I.S. Surovtsev
S.N. Dyakonova

Russia, Voronezh, Tel.: +7 (920) 410-13-55
e-mail: sof1355@yandex.ru

Cand. of Econ. Sc., Associate Professor
Department of Innovation and Construction
Physics named after Professor I.S. Surovtsev
I.V. Fateeva

Russia, Voronezh, Tel.: +7 (920) 228-18-65
e-mail: fat.irina2015@yandex.ru

Student, Department of Innovation and
Construction Physics named after Professor
I.S. Surovtsev
K.A. Chupakhin

Russia, Voronezh, Tel.: +7-950-769-62-59
e-mail: kchupahin@gmail.com

Student, Department of Innovation and
Construction Physics named after Professor
I.S. Surovtsev
M. A. Berdnikov

Russia, Voronezh, Tel.: +7-900-930-26-45
e-mail: maks.ber@internet.ru

С.Н. Дьяконова, И. В. Фатеева, К. А. Чупахин, М. А. Бердников

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОРЫВЫ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Аннотация: Солнечная энергия — это экологически чистая технология, мощный источник энергии и один из самых значимых возобновляемых и «зелёных» источников энергии. Она играет важную роль в достижении устойчивого развития в сфере энергетики. Таким образом, огромное количество солнечной энергии, доступное ежедневно, делает её очень привлекательным ресурсом для производства электроэнергии. Обе технологии, применение концентрированной солнечной энергии или солнечных фотоэлектрических батарей, постоянно развиваются, чтобы удовлетворить наши потребности в энергии. Следовательно, большие мощности, задействованные в применении солнечной энергии по всему миру, в том же контексте поддерживают энергетический сектор и способствуют развитию рынка труда. В статье освещаются области применения солнечной энергии и их роль в устойчивом развитии, а также рассматривается общий потенциал использования возобновляемых источников энергии для трудоустройства. Таким образом, в дальнейшем представлены идеи и анализ устойчивости использования солнечной энергии, включая экологическое и экономическое развитие. Кроме того, был определен вклад применения солнечной энергии в устойчивое развитие путем обеспечения потребностей в энергии, создания рабочих мест и усиления защиты окружающей среды. Наконец, перспективы применения технологий солнечной энергетики в энергетическом секторе позволяют представить себе будущее развитие в этой области.

Ключевые слова: Солнечная энергия, инновация, возобновляемые источники энергии, зелёная энергетика.

TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGHS IN SOLAR ENERGY

Abstract: Solar energy is a clean technology, a powerful source of energy, and one of the most significant renewable and green energy sources. It plays a vital role in achieving sustainable development in the energy sector. The vast amount of solar energy available daily makes it a very attractive resource for electricity generation. Both technologies - concentrated solar power and solar photovoltaics (PV) - are constantly evolving to meet our energy needs. Consequently, the large solar power capacities deployed worldwide also support the energy sector and contribute to the development of the labor market. This article highlights solar energy applications and their role in sustainable development, and examines the overall employment potential of renewable energy sources. Furthermore, it presents ideas and analysis on the sustainability of solar energy use, including environmental and economic development. Furthermore, the contribution of solar energy to sustainable development by meeting energy needs, creating jobs, and enhancing environmental protection is identified. Finally, the prospects for the application of solar energy technologies in the energy sector allow us to imagine future developments in this field.

Keywords: Solar energy, innovation, renewable energy, green energy.

К 2026 году область возобновляемых источников энергии (ВИЭ) по прогнозам будет испытывать значительные трансформации. Главным приоритетом является обеспечение энергетической безопасности, а поставленная задача о развертывании крупных систем, а именно солнечной и ветровой, напрямую коррелирует с уровнем инвестиций в секторе ВИЭ, а также процентными ставками. Количество вырабатываемой энергии с помощью солнца набирает обороты, востребованными становятся промышленные установки и небольшие распределенные системы. Энергетический кризис по всему миру стал катализатором повышенной конкурентоспособности возобновляемых источников получения энергии из-за повышения тарифов на электроэнергию. Государственные органы разных стран взяли курс на введение различных мер поддержки, а также внедряют новую политику в адрес ускорения строительства установок на возобновляемых источниках энергии и их интеграцию в электросеть. Солнечные панели и локализованные энергетические системы широко используются в жилом секторе, в то время как коммерческие проекты также демонстрируют устойчивый рост.

По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), к 2030 году возобновляемые источники энергии будут закрывать потребности около половины мирового спроса на электроэнергию. Ожидается, что в период с 2024 по 2030 год будет введено в эксплуатацию более 5500 ГВт мощностей возобновляемых источников энергии. Наибольшая часть этого прироста придется на солнечную и ветряную энергию. Такие показатели связаны с ростом привлекательности использования ВИЭ в развитых и развивающихся странах. По прогнозам, в Китае на 60% вырастут производственные мощности возобновляемых источников благодаря поддержки со стороны государства и инвестиций из других стран.

Зелёная энергетика занимает ключевую роль в борьбе с климатическими изменениями, заменяя собой традиционное ископаемое топливо, являющееся основным источником загрязнения атмосферы и природы. Переход на ВИЭ снизит негативное воздействие на окружающую нас среду, сократит выбросы отходов и уменьшит использования ископаемого топлива.

По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), повышения числа возобновляемых источников энергии в мировой энергетической системе к 2050 году может сократить выбросы вредных для окружающей среды газов примерно на треть и сильно уменьшить воздействие глобального потепления на нашу планету. Помимо этого, зелёная энергетика обладает рядом других преимуществ: за требуемые ресурсы не нужно платить, требуемые на эксплуатацию ресурсы быстро

окупаются, такие системы реально разместить практически в любом месте, что децентрализует производство энергии [1-2].

За последние годы солнечная энергия стремительно развивалась с помощью внедрения различных инноваций, таких как:

• Перовскитные солнечные элементы. Перовскиты — это такой класс материалов, который является потенциально лучшим для создания высокоэффективных солнечных панелей. Главным преимуществом по сравнению с аналогами является их уникальная кристаллическая структура, она же и дала название всему семейству таких материалов. Перовскиты также используются в топливных элементах и для ускорения или инициации химической реакции. Для солнечных панелей в основном используют металлогалогенидные перовскиты, состоящие из органических ионов, металлов и галогенов, в других областях могут применяться полностью неорганические перовскиты, содержащие кислород.

Металлогалогенидные перовскиты — это основная часть перовскитного солнечного элемента, его активный светопоглощающий слой. Поглощая свет, они высвобождают электроны, которые, в свою очередь, вырабатывают электричество. Перовскитовые солнечные элементы — это, по сути, тонкая пленка металла, поэтому для них требуется гораздо меньше материала по сравнению с традиционным кремниевым элементом, что снижает их стоимость. Такое преимущество возникло благодаря тому, что перовскиты эффективно поглощают свет.

Дополнительным преимуществом можно считать возможность тандемного использования нескольких элементов, в которых перовскит накладывается на другой светопоглощающий материал, например кремний. Это позволяет элементу захватывать больше солнечного света и благодаря этому повышается эффективность солнечных элементов. Внутри солнечного элемента перовскит в тандеме с другими элементами направляет поток электронов к контактам, для получения электроэнергии [3].

• Тандемные солнечные элементы. Тандемные солнечные элементы — это такая структура, в которой некоторое количество фотоэлектрических элементов объединены в виде вертикально расположенной конструкции. Такой способ расположения позволяет охватывать более широкий спектр солнечного излучения. Например, если первый слой эффективно поглощает синий свет, второй — зеленый, а третий — красный, то вся система целиком способна преобразует больше энергии.

Это схоже с принципом работы экранов, где сочетание красного, синего и зеленого цветов (RGB) создает все цвета видимого спектра. Смешение этих цветов создает белый свет, и для его полного поглощения солнечная панель должна быть способна поглощать волны разных длин.

Для стандартных кремниевых однослойных солнечных панелей есть одно существенное ограничение — предел Шокли-Квиссера, устанавливающий их максимальную эффективность на уровне 33%. Солнечное излучение состоит из потока фотонов с энергией, соответствующим разным длинам волн (видимая, инфракрасная, ультрафиолетовая). Фотоэлектрические полупроводники имеют запрещенную зону — нижний порог энергии, необходимой для высвобождения электронов. Ширина этой зоны влияет на два важных параметра:

1. Напряжение — увеличивается по мере увеличения запрещенной зоны.
2. Ток — зависит от количества фотонов, энергия которых превышает предел зоны.

Узкая запрещенная зона позволяет поглощать больше фотонов, но снижает напряжение. Широкая зона обеспечивает высокое напряжение, но большинство фотонов не используются, избыток энергии в свою очередь рассеивается в виде тепловой энергии. Следовательно, требуется соблюдать равновесие, так как увеличение одного параметра приводить к уменьшению другого и наоборот.

Тандемные ячейки избегают этой проблемы за счет использования слоёв с узкими и широкими запрещенными зонами. Каждый слой поглощает разные полосы спектра,

минимизируя потери энергии и повышая общую эффективность. Это позволяет преодолеть предел Шокли-Квиссера и получать более производительные солнечным панели [4].

• Органические фотоэлектрические элементы. Органические солнечные элементы, также известные как пластиковые солнечные элементы, — это фотоэлектрические устройства на основе органической электроники. Это область исследований проводящих органических полимеров и небольших органических молекул, которые могут поглощать свет и нести заряд, преобразуя солнечную энергию в электричество за счет фотоэлектрического эффекта. Большинство таких компонентов классифицируются как полимерные солнечные элементы.

Органические молекулы, используемые в этих элементах, хорошо растворимы, просты в изготовлении и дешевы, что делает их ликвидными на рынке сырья для массового производства. Благодаря свойству гибкости органических материалов, такие компоненты могут применяться в широкой сфере фотоэлектрических материалов. Помимо этого, с помощью молекулярной инженерии, путем изменения длины полимерных цепей или их функциональных групп можно настроить запрещенную полосу пропускания, что позволяет регулировать свойства материала. Также органические материалы имеют высокий коэффициент поглощения солнечного света, что позволяет даже при тонком слое, составляющих всего несколько сотен нанометров, собирать большое количество энергии.

Органические фотоэлектрические элементы также имеют ряд недостатков, такие как: их производительность, стабильность и долговечность уступают традиционным неорганическим аналогам, таким как кремниевые солнечные элементы.

Если сравнивать полимерные солнечные элементы с кремниевым аналогом, они имеют ряд преимуществ: они легче весят, что является важным для портативных устройств и датчиков, потенциально одноразовые, дешевые в производстве, гибкие и более экологичные. Также этот материал можно сделать прозрачными, что делает возможным интегрировать их в окна, стены дома и гибкую электронику. Однако их производительность в три раза меньше, чем у традиционных материалов, к тому же они подвержены фотохимической деградации.

Несмотря на все эти минусы, низкая стоимость и имеющийся потенциал для дальнейшего развития эффективности делают полимерные солнечные элементы привлекательной и перспективной технологией для исследований. Например, в 2015 г. их эффективность при использовании тандемных структур превысила 10%, а в 2023 г. Гонконгский политехнический университет достиг рекордных 19,3%, что свидетельствует о значительном прогрессе в этой области [5].

• Солнечные панели с двусторонней генерацией. Традиционные солнечные панели, зачастую устанавливаемые на крыше зданий, преобразуют энергию напрямую от солнечного света в энергию. Но в современной солнечной энергетике появилась новая тенденция использования двусторонних солнечных панелей. Они представляют собой конструкцию, которая может улавливать солнечный свет сразу с двух сторон - с передней, направленной на солнце, и с задней, которая улавливает свет, отраженный от земли или других поверхностей.

Исследования и тесты, проводимые производителями солнечных панелей, показали, что использование способа сбора солнечной энергии в двух сторонах, значительно эффективно сбора с одной стороны. В результате этих исследований, было доказано, что двусторонние панели производят на 11-23% больше энергии, чем односторонние.

Несмотря на очевидные преимущества двусторонних панелей, не стоит замещать ими все существующие односторонние панели. Это связано с тем, что наибольшая эффективность двухсторонних панелей достигается при установке на уровне земли. Так, они смогут использовать солнечный свет, отраженный от земли, травы, песка, бетона или же любой другой поверхности.

Хоть и разница между двухсторонними и односторонними панелями может показаться небольшой, следует понимать, что это выгода, накапливающаяся со временем. В долгосрочной перспективе использование двусторонних панелей может привести к значительной экономии на денежных средствах и энергии.

Следует помнить, что всё что окружает нас отражает солнечный свет в какой-либо степени. Это можно легко обнаружить, выйдя на улицу зимней ночью, когда на земле есть снег. Тогда будет заметно что область вокруг вас заметно светлее, чем в том случае, когда нет снега. Снег обладает высокой отражающей способностью, поэтому он эффективно отражает солнечный свет.

Этот эффект имеют немаловажную роль в климатических изменениях. Исследования показали, что лёд отражает 85% попадающего на него света, в то время как водная поверхность может отразить лишь 7%. Значит при таянии арктических льдов обнажается водная поверхность, поглощая гораздо большее количество солнечного света, следовательно тепла тоже. Это ускоряет процесс глобального потепления.

Отсюда следует что света, поглощаемого с разных сторон, вполне достаточно для того, чтобы двухсторонние солнечные панели могли эффективно вырабатывать электроэнергию. Это делает их перспективным решением для повышения эффективности использования солнечной энергии [6].

•Интеграция солнечных панелей в строительные материалы. По причине возрастания потребности получения энергии от солнечного света, интеграция солнечных панелей становится одним из ключевых аспектов при проектировании энергоэффективных зданий с пониженным углеродным следом.

Постепенно одним из стандартов при создании идущим в ногу со временем зданий является использование солнечной энергии. Заинтересованные лица, в виде архитекторов и строителей, стали куда чаще обращать внимание на альтернативные источникам энергии и способы их интеграции по мере повышения значимости к энергоэффективности и экологической устойчивости.

Фокус внимания на параметр затененности представляет собой основу для интегрирования солнечных панелей. Необходимо знать, что на то, сколько здание в перспективе сможет аккумулировать солнечной энергии, ориентация здания влияет напрямую.

Ориентирование здания на юг, при всех прочих факторах, считается наиболее приемлемым, по причине того, что обеспечивает максимальное количество солнечного света в течение дня. Так же при планировании берутся в расчет рядом находящиеся здания и деревья, по причине прямой корреляции с потенциально выработанной энергией.

Экономия денежных средств, уменьшение углеродного следа, а также придание зданию более футуристичного вида, все это заслуга использования солнечной энергии при строительстве и проектировании здания. Чтобы добиться максимальной энергоэффективности, необходимо тщательно продумать ориентацию и учесть факторы затенения.

Добавление в план и дизайн – проекты зданий солнечную энергетику на примере панелей дает возможность создавать, энергоэффективные дома, которые приносят пользу как окружающей среде, так и жильцам.

•Искусственный интеллект и Интернет вещей (IoT). Действительность, в которой мы живем, стремительно глобализируется и индустриализируется, по этим причинам необходимость в дополнительной энергии для нужд в повседневной жизни постоянно возрастает. Для того, чтобы плавно закрывать потребность в большом количестве энергии без остановки процессов необходима интеграция солнечной энергетики в уже существующую систему, что позволит создать запас для экспоненциального роста технологический открытий в сфере искусственного интеллекта. Однако для того, чтобы максимально повысить эффективность солнечных установок, важно отслеживать их работу в режиме реального времени, регулируя углы наклона в зависимости от положения солнца. Это возможно благодаря технологиям Интернета вещей (IoT).

IoT позволяет связать в одно целое множество датчиков и механизмов, участвующих в работе солнечных электрических станций для получения максимально возможного количества получаемой энергии и обеспечения их бесперебойной работы. Постепенное

удешевление и распространность технологий возобновляемой энергетики во всем мире стимулирует строительство крупных солнечных электростанций. В тот же момент прекрасно понятно, что без систем автоматизации, которые будут использовать Интернет-соединение, управление далеко расположеными или изолированными станциями сильно затруднено и не может использовать централизованное управление как в привычных общественности электрических станциях.

Эта инновация предлагает современный и экономически эффективный подход к удаленному мониторингу солнечных электростанций с использованием IoT. Это позволяет оперативно проводить техническое обслуживание, диагностику неисправностей и мониторинг электростанций в режиме реального времени, что значительно повышает эффективность и надежность этих систем.

• Квантовые точки. В стремительно развивающейся отрасли солнечной энергетики идет процесс поиска новых более эффективных способов получения энергии. Одним из перспективных направлений являются квантовые точки, рассматриваемые в виде нового материала для солнечных батарей нового поколения. Вместо традиционных и дорогих материалов, таких как кремний, в таких элементах используются квантовые точки - наноразмерные структуры с уникальными свойствами. Одно из самых больших преимуществ квантовых точек - возможность настраивать их энергетические свойства с помощью изменения их размера, что помогает оптимизировать поглощение солнечного света. Это особенно важно для многопереходных солнечных элементов, которые стремятся максимально использовать излучаемую солнцем энергию. А также, квантовые точки можно производить в огромных масштабах по низкой цене, с помощью химических растворов. Несмотря на прогресс в изучении этой технологии и нарастающий интерес, есть необходимость в более глубоком изучении технологии, для полной реализации их потенциала и повышения конкурентоспособности на рынке.

• Термофотовольтаика. Термофотовольтаика (ТФВ) — это метод получения электроэнергии с помощью лучистого тепла. Использование тепла от фотоэлектрических диодов для преобразования тепла нагретых объектов (обычно до температуры выше 800°C) в электричество является основой этого метода.

Фотоэлектрические диоды имеют множество преимуществ, такие как: потенциально более высокая мощность, чем у солнечных батарей, более гибкий выбор топлива, компактность и способность работать непрерывно. Но также есть и недостатки, например более низкие показатели КПД (эффективность преобразования тепла в электричество), высокая стоимость и плохая надёжность при работе с высокими температурами.

Разработки последних лет, такие как фотонные кристаллы, уменьшение размера системы и использование усовершенствованных излучателей, смогли увеличить эффективность ТФВ. Сейчас интенсивно исследуются новые материалы для солнечных батарей, ведётся разработка тонкостенных систем, а также проводится общая оптимизация системы, что дает надежду на дальнейшие улучшения.

• Биофотовольтаика. Биофотовольтаика (БФВ) — это экологически устойчивая технология, использующая фотосинтезирующие микроорганизмы для получения электричества из солнечной энергии. В основе этой технологии лежат два основных клеточных процесса: фотосинтез, происходящий внутри клеток, и внеклеточный перенос электронов (ВПЭ), который позволяет клеткам передавать электроны во внешнюю среду. Ограниченнная эффективность ЕЕТ является основным препятствием для развития БФВ.

Для преодоления этого ограничения активно изучаются гибридные системы, сочетающие фотосинтетические клетки с наноматериалами. Эти наноматериалы играют ключевую роль в повышении эффективности переноса электронов на внешние электроды.

Здесь рассматриваются последние достижения в области гибридных фотосинтетических систем и наноматериалов, подчеркивается роль наноматериалов, расположенных в различных частях клетки. Наноматериалы могут способствовать усилиению переноса электронов на различных стадиях: внутриклеточной, трансмембранный (через

клеточную мембрану) и межфазной (на границе раздела клетка-электрод). Также рассматриваются методы адресной доставки наноматериалов в определенные клеточные структуры. Наконец, предлагаются возможные стратегии целенаправленного создания гибридных фотосинтетических систем с использованием наноматериалов, локализованных в определенных клеточных компартментах [7].

Научные достижения в области солнечной энергетики дают возможность взглянуть, не только на всевозможные вариации исполнения технологий, но и на открытие новых рынков сбыта, особенно в развивающихся странах и регионах, где с ростом численности населения так же возникает потребность в энергетических ресурсах. Сообщества ученых, при поддержке инвесторов, в перспективе смогут посодействовать развитию удаленных регионов, лишив их всех тех ошибок, что были допущены при возведении энергетической инфраструктуры в развитых странах много лет назад.

В ближайшем будущем, рынок альтернативных источников энергии, в частности солнечной, закономерно будет показывать прирост не только в финансовом секторе, но и в новостном, по причине появления новых решений по улучшению эффективности установок, что будет приближать их КПД к классическим источникам получения энергии. К дополнительным факторам, влияющим на рост распространенности альтернативных источников можно отнести нарастающий энергетический кризис, а также технологические инновации, фигурирующие в СМИ и привлекающие специалистов из смежных сфер, что в симбиозе дает новые направленности в методах получения энергии. В этих условиях солнечная энергия становится не только одним из альтернативных источников энергии, но и ключевым элементом перехода к устойчивой энергетической системе, обеспечивая удовлетворение растущих энергетических потребностей.

Солнечная энергетика на данный момент является флагманом всего технологического мира, она аккумулирует в себе специалистов разных сфер, что дает ей предлагать рынку совершенно новые инновационные решения, которые способствуют снижению рисков при растущей энергетической потребности. Постоянные инновации в области материалов, дизайна и интеллектуальных систем управления делают солнечную энергию все более эффективной, надежной и доступной для широкого круга потребителей. При учете всех положительных и потенциально положительных сторонах технологий, существует ряд проблем, требующих постепенного решения, такие как низкая стабильность новых материалов (например, перовскитов), относительно превышаемая стоимость интеграции современных решений, а также крайняя потребность в создании современной инфраструктуры, чтобы хранение и последующее распределение излишков энергии было максимально эффективно. [8].

Вероятность становления солнечной энергетики неоспоримым лидером в мировой экономике в скором будущем, весьма вероятно, по причине предложения мировой экономике альтернативы в получении энергии из сгораемых ископаемых ресурсов. Всяческие дотации со стороны различных государств, поддержка и повышение заинтересованности со стороны научного сообщества и крупных частных инвестиционных фондов являются тем подспорьем, что поможет развитию новых способов получения энергии и даст хорошее будущее нашему поколению.

Библиографический список

1. Международное энергетическое агентство (МЭА). (2023). Отчет о возобновляемых источниках энергии 2023. – Интернет-ресурс: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
2. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). (2022). Шестой оценочный доклад – Электронный ресурс: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/>
3. Green, M. A., et al. (2022). «Перовскитные солнечные элементы: текущее состояние и перспективы». Nature Energy, 7(3), 210-220. DOI: 10.1038/s41560-022-01045-2

4. National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2023). «Тандемные солнечные элементы: достижения и вызовы» – Электронный ресурс: <https://www.nrel.gov/pv/tandem-solar-cells.html>
5. Zhang, Y., et al. (2023). "Органические фотоэлектрические элементы: новые материалы и архитектуры". Advanced Energy Materials, 13(5), 2201234. DOI: 10.1002/aenm.202201234
6. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). (2023). «Двусторонние солнечные панели: преимущества и применение» – Интернет-ресурс: <https://www.ise.fraunhofer.de/en.html>
7. European Photovoltaic Industry Association (EPIA). (2023). «Глобальный рынок солнечной энергетики: тенденции и прогнозы» - Электронный ресурс: <https://www.epia.org/>
8. Zhang, X., et al. (2023). «Солнечная энергетика в развивающихся странах: вызовы и возможности». Renewable Energy, 205, 456-467. DOI: 10.1016/j.renene.2023.02.045

References

1. International Energy Agency (IEA). (2023). Renewables Report 2023 - Internet resource <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Sixth Assessment Report. - Internet resource: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/>
3. Green, M. A., et al. (2022). «Perovskite Solar Cells: Current Status and Outlook.» Nature Energy, 7(3), 210–220. DOI: 10.1038/s41560-022-01045-2
4. National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2023). «Tandem Solar Cells: Achievements and Challenges» - Internet resource: <https://www.nrel.gov/pv/tandem-solar-cells.html>
5. Zhang, Y., et al. (2023). «Organic Photovoltaics: New Materials and Architectures». Advanced Energy Materials, 13(5), 2201234. DOI: 10.1002/aenm.202201234
6. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). (2023). «Bifacial Solar Panels: Advantages and Applications» - Internet resource: <https://www.ise.fraunhofer.de/en.html>
7. European Photovoltaic Industry Association (EPIA). (2023). «Global Solar Energy Market: Trends and Forecasts» - Internet resource: <https://www.epia.org/>
8. Zhang, X., et al. (2023). «Solar Energy in Developing Countries: Challenges and Opportunities.» Renewable Energy, 205, 456–467. DOI: 10.1016/j.renene.2023.02.045

УДК 629.067

Воронежский государственный
технический университет

Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева

М.А. Кузнецов

Россия, г. Воронеж, тел.: 89525508710

e-mail: maxkuz1006@yandex.ru

Старший преподаватель кафедры
инноватики и строительной физики имени
профессора И.С. Суровцева

А.В. Ботиенко

Россия, г. Воронеж, тел.: 89611869721

e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru

Ассистент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева

Э.И. Еникеев

Россия, г. Воронеж, тел.: 89155801876

e-mail: eldar.enikai@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

Student of the Department of Innovation and
Structural Physics named after Professor I.S.
Surovtsev

M.A. Kuznetsov

Russia, Voronezh, tel.: 89525508710

e-mail: maxkuz1006@yandex.ru

Senior lecturer at the Department of
Innovation and Structural Physics named
after Professor I.S. Surovtsev

A.V. Botienko

Russia, Voronezh, tel.: 89611869721

e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru

Assistant Professor at the Department of
Innovation and Structural Physics named
after Professor I.S. Surovtsev

E.I. Yenikeev

Russia, Voronezh, tel.: 89155801876

e-mail: eldar.enikai@yandex.ru

М.А. Кузнецов, А.В. Ботиенко, Э.И. Еникеев

СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ

С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВИЗОРОВ

Аннотация: В статье рассматривается история появления поездов как разновидности транспорта, недавно произошедшие аварии на железнодорожных переездах с участием автотранспортных средств и возможные варианты решения проблемы аварий. В частности, рассматривается система безопасности железнодорожных переездов с использованием тепловизоров. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью повышения уровня безопасности на железнодорожных переездах, где ежегодно происходит значительное количество аварий. Тепловизоры позволяют обнаруживать объекты в условиях плохой видимости, что особенно важно в ночное время или при неблагоприятных погодных условиях. В заключение делается вывод о том, что использование тепловизоров на железнодорожных переездах является перспективным направлением для повышения безопасности и снижения количества аварий.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, поезд, безопасность, система безопасности, железнодорожный переезд, авария, тепловизор, температура коллектора.

М.А. Кузнецов, А.В. Ботиенко, Е.И. Еникеев

A RAILWAY CROSSING SAFETY SYSTEM USING THERMAL IMAGING CAMERAS

Abstract: This article examines the history of trains as a mode of transport, recent accidents at railway crossings involving motor vehicles, and possible solutions to the problem. Specifically, it examines a level crossing safety system using thermal imaging cameras. The relevance of this topic stems from the need to improve safety at railway crossings, where a significant number of accidents occur annually. Thermal imaging cameras allow for the detection of objects in conditions of poor visibility, which is especially important at night or in adverse weather conditions. The article

concludes that the use of thermal imaging cameras at railway crossings is a promising approach to improving safety and reducing accidents.

Keywords: railway transport, train, safety, safety system, railway crossing, accident, thermal imager, collector temperature.

Первые железные дороги и поезда появились в начале XIX века, и их появление было неразрывно связано с развитием промышленности и необходимостью перевозить большие объёмы угля и руды. Прадедителями современных железных дорог были деревянные, а затем и чугунные рельсовые пути на рудниках и шахтах, по которым лошади тянули вагонетки (рис. 1) [1].

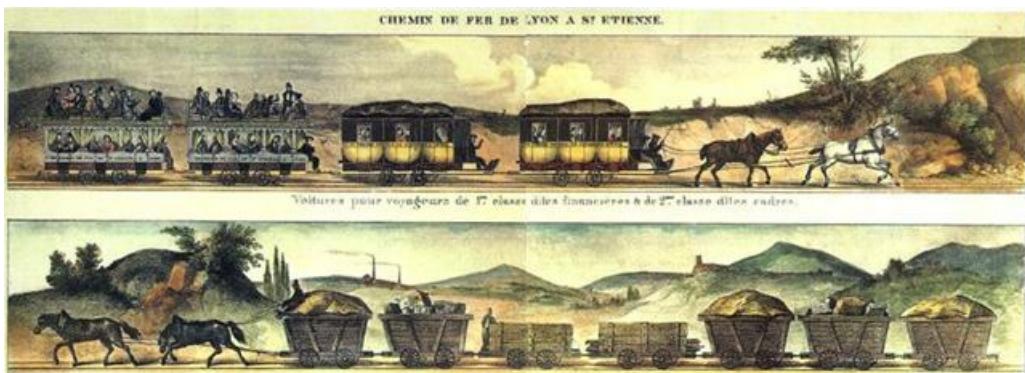


Рис. 1. Изображение железной дороги Сент-Этьен—Лион, которая была открыта в 1828 году и сначала использовала конную тягу

Настоящей революцией стало появление механического двигателя — паровоза. Первый практичный и успешный паровоз, перевозивший грузы на одном из заводов Уэльса, был создан английским инженером Ричардом Тревитиком в 1804 году (рис. 2) [2]. Однако широкое распространение железнодорожного транспорта началось с деятельности Джорджа Стефенсона, который не только построил свои усовершенствованные паровозы, но и убедил промышленников в их исключительной эффективности [2].



Рис. 2. Первый в мире паровоз Trevywick England

Первой в мире общественной железной дорогой с паровой тягой стала линия Стоктон—Дарлингтон в Англии, открытая 27 сентября 1825 года. В тот знаменательный день поезд Стефенсона «Locomotion №1» смог провести 80 вагонов различного содержания и предназначения (для перевозки угля и пассажиров) [2, 3]. А уже в 1830 году открылась более знаменитая Ливерпуль—Манчестерская дорога, доказавшая, что железные дороги пригодны не только для грузов, но и для надёжного пассажирского сообщения, что положило начало всемирной железнодорожной эпохе [4].

Но достаточно рассуждать о прошлом. В настоящий момент торговля и логистика играют огромную роль в развитии мировой экономики, и Российской Федерации – не исключение. Колossalное количество различного рода грузов и пассажиров доставляются из одной точки в другую благодаря автомобилям, поездам, самолётам и кораблям. Способный перевезти от нескольких сотен до нескольких тысяч тонн груза поезд в связи с достаточно нестабильной обстановкой в отдельных регионах и запретом на авиаперелёты особенно влияет на экономику той или иной страны по следующим причинам:

1. Поезда перевозят около 40% мировых грузов (по тоннажу), уступая только морскому транспорту. Они особенно важны для массовых грузов (уголь, руда, зерно, нефть, контейнеры).
2. Железнодорожные перевозки в 3-4 раза дешевле автомобильных на дальние расстояния. Например, в США перевозка груза поездом на 800 км обходится в \$0,03 за тонно-километр, а фурами - \$0,12–0,15.
3. Поезда выбрасывают в 3-5 раз меньше CO₂, чем грузовики, и потребляют меньше топлива на тонну груза [5, 6].

Однако существует одна достаточно серьёзная проблема: поезд хоть и крайне эффективный способ доставки грузов, но при этом является потенциально опасной конструкцией. Аварии с участием поездов несут огромные расходы на ликвидацию последствий, порой подобные происшествия уносят жизни десятков и сотен пассажиров и сотрудников локомотива. Помимо этого известно, что самые частые аварии со смертельным исходом происходили конкретно на железнодорожных переездах [7].

Железнодорожные переезды – это узловые точки, где пересекаются два транспортных потока: автомобильный и железнодорожный. Их безопасность – не просто техническая задача, а комплексная проблема, затрагивающая жизни людей, экономическую эффективность перевозок и устойчивость транспортной системы в целом.

Примеры аварий на железнодорожных переездах

История знает множество трагичных случаев, когда на железнодорожных переездах транспортные средства застревали по самым разным причинам: неопытность водителя, неудачный ландшафт, старый автомобиль или неисправные механизмы. Обычно водители без особого труда переезжают через рельсы, но в случае непредвиденного ЧП всё может закончиться довольно трагично.

В качестве наглядного примера рассмотрим несколько известных действительно произошедших случаев [8].

1. ДТП 1 апреля 2024 года в Ярославской области

Произошло столкновение рейсового автобуса и скорого поезда на регулируемом железнодорожном переезде между станциями Берендеево и Шушково, причиной которого назвали техническую поломку автобуса, из-за которой он остановился на переезде и не смог продолжить движение. Машинист поезда применил экстренное торможение, но расстояния для полной остановки было недостаточно, и избежать столкновения не удалось. В результате аварии погибли все пассажиры и водитель автобуса, машинист поезда получил травмы [9].



Рис. 3. ДТП в Ярославле в 2024 году

2. Авария 17 ноября 2012 года в Эль-Мансуре, Египет

Утром 17 ноября 2012 года переполненный автобус с рабочими местной фабрики направлялся через железнодорожный переезд в пригороде Эль-Мансуры. Прямо на переезде старый и загруженный автобус сломался. Поезд, двигавшийся со скоростью около 100 км/ч, врезался в середину автобуса [10]. Удар был настолько сильным, что автобус разорвало на 2 части, одна отлетела на 50 метров, а другая была раздавлена под колесами. 30 человек получили очень серьезные ранения и остались инвалидами, а 51 человек умерли на месте, и их тела были деформированы до неузнаваемости [11]. Впоследствии опознание проводилось по ДНК тесту. Вокруг было множество обезображеных тел, крики пострадавших и лужи крови.

3. Катастрофа 29 октября 2005 года в Нагауре, Индия

29 октября 2005 года, около 7:30 утра, переполненный школьный автобус с 93 детьми (в основном 5-12 лет) и 4 взрослыми застрял на неохраняемом железнодорожном переезде в деревне Нагаур. Причиной аварии стали 2 фактора: водитель автобуса не посмотрел расписание поездов, а также автобус был старым и давно не был на ТО. В этот момент на скорости 110 км/ч приближался пассажирский поезд, машинист которого заметил автобус за 300 метров и дал экстренный гудок. Поезд врезался в автобус под прямым углом: крышу срезало полностью, а тела погибших было очень тяжело опознать. Погибло 55 человек, из которых 48 детей, ещё 37 получили тяжёлые ранения или инвалидность [8].

Данные катастрофы являются наглядным примером того, что ситуацию с железнодорожными переездами необходимо как-то решать, ведь компаниям-перевозчикам выгоднее один раз потратиться и оборудовать переезд, чем выплачивать компенсации и неустойки при каждой аварии. Обратимся к аварии в Ярославской области. Известно, что местные власти выплатили по 1 миллиону рублей всем семьям пострадавших, а РЖД, в свою очередь, выплатили по 3 миллиона. Известно и число погибших – 7 человек. Из этого получаем примерные затраты на устранение последствий аварии (табл. 1).

Таблица 1

Примерные затраты на устранение последствий

Статья расходов	Оценочная стоимость, млн. рублей
Выплаты семьям погибших	$7 * (1 + 3) = 28$
Мед помощь машинисту	0,5
Ремонт транспорта	35
Логистические издержки	7,5
ИТОГ	71

Важно отметить, что некоторые цифры могут быть лишь приблизительными, так как по некоторым пунктам точные суммы не публиковались в открытых источниках. Также данная

статистика не включает в себя судебные издержки, затраты на расследования, административные штрафы и так далее.

Предлагаемый способ решения проблемы

Перед авторами стояла чёткая задача по возможности обеспечить максимальную безопасность на железнодорожных переездах для предотвращения подобных аварий. Основные факторы проблемы следующие:

1. Неопытность водителей;
2. Слишком позднее оповещение машиниста о заторе на переезде;
3. Плохое состояние транспортного средства;
4. Халатность людей, отвечающих за безопасность.

Если на 1 и 4 пункты мы повлиять не можем, так как это субъективные качества водителей, а пункт под номером 3 контролировать не получится (у каждого водителя своё автотранспортное средство, качество железнодорожного состава тоже не контролируется), значит, следует обратить внимание на пункт 2 «Слишком позднее оповещение машиниста о заторе на переезде».

Как правило, когда машинист поезда видит застрявшее транспортное средство на переезде, он уже не может полностью остановиться, так как при стандартной скорости поезда и его массе, особенно в гружёном виде, тормозной путь слишком длинный, следовательно, необходимо уведомлять машиниста или диспетчера заранее [12].

Исходя из нашей проблемы и наших целей делаем вывод, что нам необходим некий механизм или датчик, который будет безошибочно определять наличие транспортного средства на переезде. Возможные варианты датчиков следующие:

1. Использование весов

Установка нажимных плит на железнодорожном переезде или возле него позволит отслеживать диаграмму изменения веса на рассматриваемом участке. Далее с использованием машинного обучения необходимо создать ПО, способное отслеживать изменения веса, действующего на платформу. И уже на основе полученных данных программа делает вывод о наличии или отсутствии автотранспортного средства на переезде.

2. Использование звука

Каждый автомобиль издаёт тот или иной звук, который приближается/отдаляется в зависимости от его местоположения относительно переезда, следовательно, от каждой машины сначала должен идти нарастающий звук, а затем затухающий. Этот способ неплохо бы работал, если не одно «но»: в окружающей среде колossalное количество звуков, которые могут сбить систему с толку. К примеру, гром, который, как и звук авто, также является низкочастотным. В таком случае система может принять шум грома как шум автомобильного двигателя (например, фуры). Таким образом, создать данную систему и прилагающееся к ней программное обеспечение распознавания вполне реально, однако затраты на создание будут чрезмерными (больше, чем мы условно можем себе позволить) как и время на разработку/отладку.

3. Использование тепла

Считывание тепла – самый простой метод из представленных, поэтому будем рассматривать его как основной. Если проанализировать температурный режим автомобиля, то самым горячим участком будет считаться не двигатель или радиатор, как по началу может показаться, а головка блока цилиндра (ГБЦ) и выпускной коллектор (рис. 4).

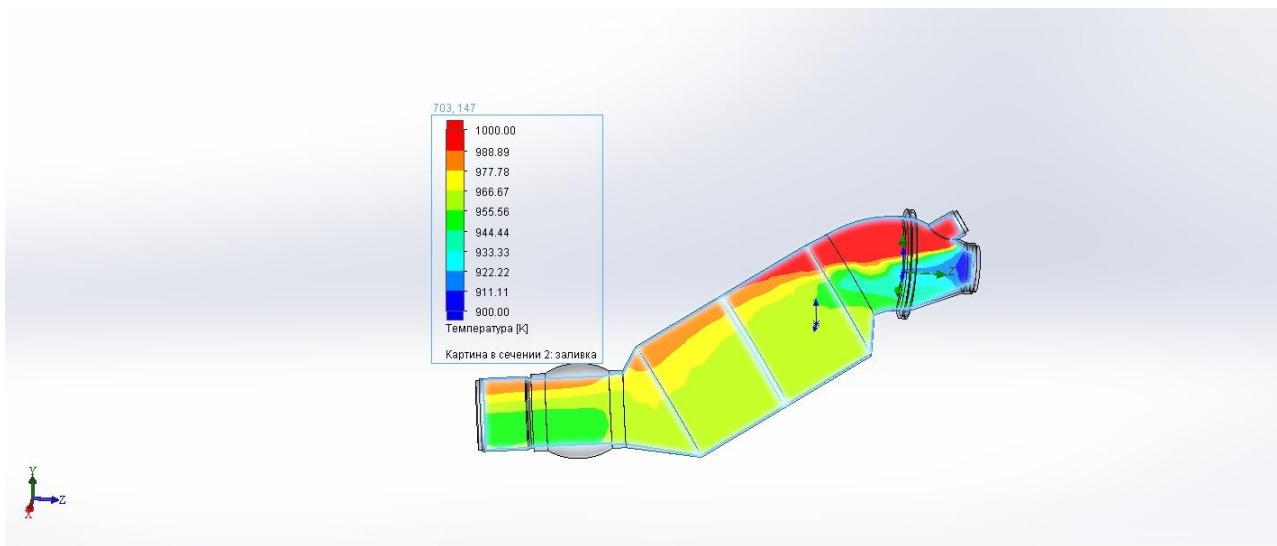


Рис. 4. Термограмма выпускного коллектора

Из рисунка 4 видно, что средняя температура поверхности выпускного коллектора составляет приблизительно 900-1000°С. Именно это даёт тепловому контролю железнодорожных переездов преимущество перед прочими методами контроля, поскольку в окружающей среде не наблюдается объектов с подобной температурой. Следовательно, можно безошибочно определить наличие рабочего транспортного средства на переезде.

Далее перейдём к расчётам, согласно модели Ньютона – Рихмана:

$$\frac{dT}{dt} = -k \times (T - T_a), \quad (1)$$

Где T - температура коллектора в данный момент времени,

T_a - температура окружающего воздуха,

k - коэффициент охлаждения [13].

Если решить данное дифференциальное уравнение, получим формулу, по которой без особого труда рассчитаем температуру коллектора в любой момент времени после остывания.

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a) \times e^{-k \times t}, \quad (2)$$

Где T_0 - температура в начале остывания,

$T(t)$ - температура в заданный момент времени.

Коэффициент k рассчитывается по следующей формуле:

$$k = \frac{h \times A}{m \times c}, \quad (3)$$

Где h - коэффициент теплопередачи Вт/(К × м²),

A - площадь двигателя, через которую идёт охлаждение,

M - масса двигателя,

C - удельная теплоёмкость материала.

Если переменные m , c и A рассчитываются по формулам, то коэффициент h можно найти в справочнике для инженеров:

- Безветрие $h = 5 - 25$,
- Лёгкий ветер (1 – 3 м/с) $h = 20 - 60$,
- Умеренный ветер (5 – 7 м/с) $h = 50 - 150$,
- Сильный ветер (10 + м/с) $h = 100 - 500$.

Средняя скорость ветра для РФ равняется приблизительно 5-7 м/с, таким образом, коэффициент h равняется 50-150 (среднее – 100), а средняя температура окружающей среды –

5°C [14]. Удельная теплоёмкость серого чугуна (зачастую именно из него делают коллекторы) составляет примерно 460 – 500 Дж/(кг × °C).

Дальнейший расчёт проводится для времени $t = 2$ минуты для трёх видов автомобилей: Lada Granta, Ford Focus и автобус ПАЗ.

Lada Granta:

Масса коллектора - 5 кг.

Представим коллектор как набор цилиндров (труб) и прямоугольников (фланец) и примем ориентировочные размеры, характерные для Granta:

- Диаметр одной приемной трубы (от цилиндра): 32 мм (0.032 м),
- Длина одной приёмной трубы (в сборе): 150 мм (0.15 м),
- Диаметр основной трубы-«штаны» (после соединения каналов): 50 мм (0.05 м),
- Длина основной трубы: 200 мм (0.2 м),
- Размеры фланца крепления к ГБЦ: 220 м.

Рассчитаем площадь четырёх приёмных труб (цилиндров).

1. Боковая поверхность цилиндра без учёта торцов:

$$S = \pi \times d \times L, \quad (4)$$

- S одной трубы: $3,1416 \times 0,032 \text{ м} \times 0,15 \text{ м} \approx 0,01508 \text{ м}^2$
- S четырёх труб: $0,01508 \text{ м}^2 \times 4 = 0,06032 \text{ м}^2$
- 2. S основной трубы-«штаны»: $3,1416 \times 0,05 \text{ м} \times 0,2 \text{ м} \approx 0,03142 \text{ м}^2$
- 3. S внешней стороны фланца: $0,22 \text{ м} \times 0,1 \text{ м} = 0,022 \text{ м}^2$
- 4. Суммарная площадь: $S_{\text{общая}} = 0,06032 + 0,03142 + 0,022 = 0,11374 \text{ м}^2$

Делая поправку на неточность исходных данных, болты, торцы и так далее, округлим полученное значение до 0,2.

Коэффициент k равен: $(100 \times 0,2)/(5 \times 480) = 0,0083$.

Полученные значение подставляем в формулу 2, предварительно переведя градусы Цельсия в Кельвины, а минуты в секунды:

$$T(t) = 278 + (950 - 278) \times e^{0,0083 \times 120} = 526 \text{ К или } 253^\circ\text{C}$$

Полученная в ходе вычислений температура будет отлично видна на тепловизоре пример на рис. 5).



Рис. 5. Отображение автомобиля в камере тепловизора

Ford Focus

Аналогично для Ford Focus, где $A = 0,1$, но с учётом тех же поправок и погрешностей возьмём значение, равное 0,2.

Масса коллектора приблизительно равна 4 кг, следовательно, $k = 0,009416$.

Отсюда по формуле 2 получаем 495 Кельвинов, что равно 222°C. Следовательно, данное транспортное средство также хорошо отобразится на тепловизоре.

ПАЗ-3205

Проведём те же расчёты для автобуса ПАЗ-3205, который в народе называют «Пазик».

В целом, параметры у данного автомобиля почти те же самые, что и у предыдущих двух, за исключением чуть большего коллектора, его массы и температур. Известно, что температура выпускного коллектора дизельного двигателя равна почти 600 С.

По представленным формулам были проведены расчёты и получены следующие показатели:

- Площадь коллектора = 0,4,
- Масса = 14 кг,
- K = 0,00595,
- T(t) = 162°C (что меньше бензиновых, но всё ещё крайне высоко).

Принцип работы

Над железнодорожным переездом находится тепловизор, сектор обзора которого нацелен на площадь «от шлагбаума до шлагбаума». То есть устройство сканирует только потенциально опасные места.

Каждые 2 минуты тепловизор включается и в течении 30 секунд сканирует заданную площадь. Если тепловизор видит статичный объект в температурном диапазоне от 100°C, то подаёт сигнал диспетчеру и машинисту поезда.

Данный сигнал означает, что на переезде, возможно, находится преграда, и необходимо немедленно снижать скорость состава для предотвращения возможной аварии.

Описанная конструкция (устройство) подключена к электросети самого железнодорожного переезда (на переездах работают светофоры, громкоговорители и шлагбаумы, следовательно, к этой сети дополнительно можно подключить пару камер) [15].

Ориентировочная стоимость установки всего оборудования «с нуля» предложенной системы составляет около 1-2 миллионов рублей. В первые 5 лет система требует постоянной отладки и сервиса.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что предлагаемое усовершенствование в виде комплекса на основе тепловизора является технически реализуемым и обоснованным. Его внедрение позволит значительно повысить безопасность на железнодорожных переездах, сократить количество аварий и, как следствие, сохранить человеческие жизни и снизить материальный ущерб.

Библиографический список

1. Интернет-ресурс: <https://diletant.media/articles/25200556/>
2. Интернет-ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_железнодорожного_транспорта
3. Интернет-ресурс: <https://ipquorum.ru/news/6853-postavit-na-relsy-kak-izobretali-parovoz#:~:text=И%20еще%20один%20штрих%20из,%20начала%20строить%20спальн%20вагоны>
4. Интернет-ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_паровоза#:~:text=проработал%2050%20лет.-,Паровозы%20Стефенсона,локомотивов%20для%20дороги%20Манчестер—Ливерпуль
5. Крылов, И.А. Международная логистика: проблемы, возможности, решения / И.А. Крылов // Молодой учёный. - 2016. - № 13.1 (117.1). - С. 60-63.
6. Дроздова, Е.И. Принципы организации движения поездов в России и Германии / Е.И. Дроздова, Е. С. Максимова // Молодой учёный. - 2024. - № 23 (522). - С. 38-43.

7. Ахмедзянов, Г.Г. Анализ безопасности эксплуатации железнодорожных переездных комплексов на основе видеоматериалов интернета / Г.Г. Ахмедзянов, В.Г. Димитраш, И.В. Дрычков // Исследования молодых учёных: материалы LXV Междунар. науч. конф. (г. Казань, сентябрь 2023 г.). - Казань: Молодой учёный, 2023. - С. 4-7.
8. Потехина, А.А. Аварии на железнодорожном транспорте / А.А. Потехина, М. Г. Григорьев // Молодой учёный. - 2015. - № 11 (91). - С. 408-409.
9. Интернет-ресурс: <https://tass.ru/proisshestviya/20410573>
10. Интернет-ресурс: https://www.gazeta.ru/auto/2012/11/17_a_4857289.shtml
11. Интернет-ресурс: <https://ria.ru/20121117/911101407.html>
12. Шаманов, Р. С. Анализ практического опыта железных дорог по решению проблемы железнодорожных переездов / Р. С. Шаманов, Ю. А. Кусмолова // Молодой учёный. - 2014. - № 20 (79). - С. 231-233.
13. Интернет-ресурс:
[https://xumuk.ru/teplotehnika/033.html#:~:text=Процесс%20теплообмена%20между%20по%20верхностью%20тела,-%20т'ж\)%20%2C%20](https://xumuk.ru/teplotehnika/033.html#:~:text=Процесс%20теплообмена%20между%20по%20верхностью%20тела,-%20т'ж)%20%2C%20)
14. Интернет-ресурс: <https://arz.unn.ru/2016-05-16-10-34-33/1168-2016-05-19-06-16-58#:~:text=Умеренно-континентальный%20климат%20характерен%20для,24°C%20на%20юге>
15. Миненко, Е.Ю. Оценка мероприятий, повышающих безопасность дорожного движения на железнодорожных переездах / Е.Ю. Миненко, Ю. А. Кусмолова // Молодой учёный. - 2014. - № 20 (79). - С. 190-193.

References

1. Internet resource: <https://diletant.media/articles/25200556/>
2. Internet resource: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_железнодорожного_транспорта
3. Internet resource: <https://ipquorum.ru/news/6853-postavit-na-rely-kak-izobretali-parovoz#:~:text=И%20еще%20один%20штрих%20из,и%20начала%20строить%20спальни%20вагоны>
4. Internet resource:
https://ru.wikipedia.org/wiki/История_паровоза#:~:text=проработал%2050%20лет.-Паровозы%20Стевенсона,локомотивов%20для%20дороги%20Манчестер—Ливерпуль
5. Krylov, I.A. International logistics: problems, opportunities, solutions / I.A. Krylov // Young scientist. - 2016. - No. 13.1 (117.1). - P. 60-63.
6. Drozdova, E.I. Principles of organizing train traffic in Russia and Germany / E.I. Drozdova, E.S. Maksimova // Young scientist. - 2024. - No. 23 (522). - P. 38-43.
7. Akhmedzhanov, G.G. Analysis of the safety of operation of railway crossing complexes based on online video materials / G.G. Akhmedzhanov, V.G. Dimitrash, I.V. Drychkov // Research of young scientists: Proc. LXV Int. scientific conf. (Kazan, September 2023). - Kazan: Young Scientist, 2023. - P. 4-7.
8. Potekhina, A.A. Accidents in Railway Transport / A.A. Potekhina, M.G. Grigoriev // Young Scientist. - 2015. - No. 11 (91). - P. 408-409.
9. Internet resource: <https://tass.ru/proisshestviya/20410573>
10. Internet resource: https://www.gazeta.ru/auto/2012/11/17_a_4857289.shtml
11. Internet resource: <https://ria.ru/20121117/911101407.html>
12. Shamanov, R. S. Analysis of the practical experience of railways in solving the problem of level crossings / R. S. Shamanov, Yu. A. Kusmолова // Young scientist. - 2014. - No. 20 (79). - P. 231-233.
13. Internet resource:
[https://xumuk.ru/teplotehnika/033.html#:~:text=Процес%20теплоза%20между%20польюю%20телеа,-%20т'ж\)%20%2C%20](https://xumuk.ru/teplotehnika/033.html#:~:text=Процес%20теплоза%20между%20польюю%20телеа,-%20т'ж)%20%2C%20)

14. Internet resource: <https://arz.unn.ru/2016-05-16-10-34-33/1168-2016-05-19-06-16-58#:~:text=Умерен-континентальный%20климат%20казенная%20для,24°C%20на%20юге>
15. Minenko, E. Yu. Evaluation of measures to improve road safety at level crossings / E. Yu. Minenko, Yu. A. Kusmorova // Young scientist. - 2014. - No. 20 (79). - pp. 190-193.

УДК 332.1

Воронежский государственный
технический университет
аспирант кафедры цифровой
и отраслевой экономики

М.Мансур

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(915)545-79-23

e-mail: mohamad19mansour@gmail.com

Voronezh State
Technical University
graduate Department of Digital and
Industrial

M. Mansour

Russia, Voronezh, tel.: +7(915)545-79-23

e-mail: mohamad19mansour@gmail.com

М. Мансур

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА МСП С ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ НА PYTHON

Аннотация: в данной статье рассматривается применение генетических алгоритмов (ГА) для прогнозирования ключевых показателей малого и среднего предпринимательства (МСП). Исследование охватывает математические основы ГА, включая операторы селекции, скрещивания и мутации, и их адаптацию для построения прогнозных моделей. Проведен сравнительный анализ специализированных библиотек Python DEAP и PyGAD с акцентом на их интеграцию с экосистемой машинного обучения, в частности с PyTorch. Практическая эффективность подхода продемонстрирована на двух примерах: оптимизация параметров модели ARIMA и обучение нейронных сетей для прогнозирования временных рядов. Результаты подтверждают высокую эффективность генетических алгоритмов в избегании локальных оптимумов и решении многокритериальных задач, что делает их перспективным инструментом для прогнозирования показателей МСП в условиях сложных нелинейных зависимостей.

Ключевые слова: генетические алгоритмы, прогнозирование МСП, математическое моделирование, анализ временных рядов, ARIMA, нейронные сети, многокритериальная оптимизация, Python, DEAP, PyGAD.

M. Mansour

MATHEMATICAL MODELING OF SME FORECASTING USING GENETIC ALGORITHM IN PYTHON

Abstract: This study investigates the application of genetic algorithms (GAs) for forecasting key performance indicators of small and medium-sized enterprises (SMEs). The research covers the mathematical foundations of GAs, including selection, crossover, and mutation operators, and their adaptation for predictive modeling. A comparative analysis of specialized Python libraries, DEAP and PyGAD, is conducted, highlighting their integration with machine learning ecosystems, particularly PyTorch. The practical effectiveness of the approach is demonstrated through two case studies: optimization of ARIMA model parameters and training of neural networks for time series forecasting. The results confirm the high efficiency of genetic algorithms in avoiding local optima and handling multi-criteria optimization tasks, making them a promising tool for SME forecasting in complex, non-linear environments.

Keywords: genetic algorithms, SME forecasting, mathematical modeling, time series analysis, ARIMA, neural networks, multi-criteria optimization, Python, DEAP, PyGAD.

Математические основы генетических алгоритмов для прогнозирования

Генетические алгоритмы основаны на принципах естественной эволюции и представляют собой метаэвристический подход к решению оптимизационных задач.

В контексте прогнозирования МСП, генетический алгоритм формулирует задачу как проблему оптимизации, где все параметры модели представляются в виде единого вектора (хромосомы) [1].

Математически, каждая особь в популяции представляет собой вектор

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

где каждый элемент x_i соответствует определенному параметру прогнозной модели.

Фитнес-функция, определяющая приспособленность каждой особи, формулируется как мера качества прогноза.

Для задач прогнозирования МСП это может быть функция, минимизирующая среднеквадратичную ошибку:

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i(x))^2$$

где y_i - фактические значения,

$\hat{y}_i(x)$ - прогнозные значения, полученные с использованием параметров x .

Процесс эволюции включает три основных этапа: селекцию, скрещивание и мутацию, каждый из которых имеет свою математическую формализацию [2].

Селекция реализуется через турнирный отбор, где из популяции случайным образом выбираются четыре особи, и наиболее приспособленная добавляется в новое поколение.

Вероятность отбора особи i пропорциональна её фитнес-значению:

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^N f_j}$$

где N - размер популяции.

Скрещивание происходит путем обмена генетическим материалом между родительскими особями в случайно выбранной точке разрыва: если точка разрыва находится в позиции s , то потомки получаются как

$$c_1 = [p_1[1:s], p_2[s+1:n]]$$

И

$$c_2 = [p_2[1:s], p_1[s+1:n]]$$

Математическая модель мутации и эволюционного процесса

Мутация представляет собой стохастический процесс, где каждый ген хромосомы изменяется с определенной вероятностью p_{mut} .

Математически это выражается как:

$$x'_i = x_i + \delta$$

где δ - случайное изменение, обычно распределенное по нормальному закону. Для непрерывных параметров мутация может быть реализована как:

$$x'_i = x_i \pm \text{percent} \cdot x_i \cdot \text{random}(-1,1)$$

где percent определяет интенсивность мутации.

Эволюционный процесс описывается дискретной динамической системой

$$P_{t+1} = M(S(C(P_t)))$$

где P_t - популяция в поколении t ,

C - оператор скрещивания,

S - оператор селекции,

M - оператор мутации.

Сходимость алгоритма к оптимальному решению обеспечивается теоремой о схемах Холланда, которая гарантирует, что хорошие строительные блоки (схемы) будут экспоненциально размножаться в популяции.

Критерием остановки алгоритма может служить достижение заданного значения фитнес-функции или стабилизация популяции на протяжении определенного числа поколений.

Применение генетических алгоритмов для прогнозирования показателей МСП

Прогнозирование показателей малого и среднего предпринимательства представляет собой многомерную оптимизационную задачу, где генетические алгоритмы могут эффективно использоваться для настройки параметров различных прогнозных моделей [3].

В контексте МСП, ключевыми показателями для прогнозирования являются выручка, количество сотрудников, рентабельность, объемы производства и рыночная доля. Генетические алгоритмы позволяют одновременно оптимизировать множество параметров модели, что особенно важно при работе с временными рядами, характеризующимися сложными нелинейными зависимостями.

Временные ряды показателей МСП часто демонстрируют сезонность, тренды и случайные флуктуации, что требует применения комплексных моделей прогнозирования. Генетические алгоритмы могут использоваться для оптимизации параметров ARIMA-моделей, где хромосома кодирует порядки авторегрессии p, интегрирования d и скользящего среднего q [4].

Фитнес-функция в этом случае может включать несколько критериев: точность прогноза (например, MAPE - средняя абсолютная процентная ошибка), информационные критерии (AIC, BIC) и меры устойчивости модели.

Особый интерес представляет применение генетических алгоритмов для обучения нейронных сетей, предназначенных для прогнозирования показателей МСП [5].

Модуль pygad.torchga позволяет использовать генетические алгоритмы для тренировки PyTorch моделей, где все веса и смещения нейронной сети представляются как единый вектор параметров.

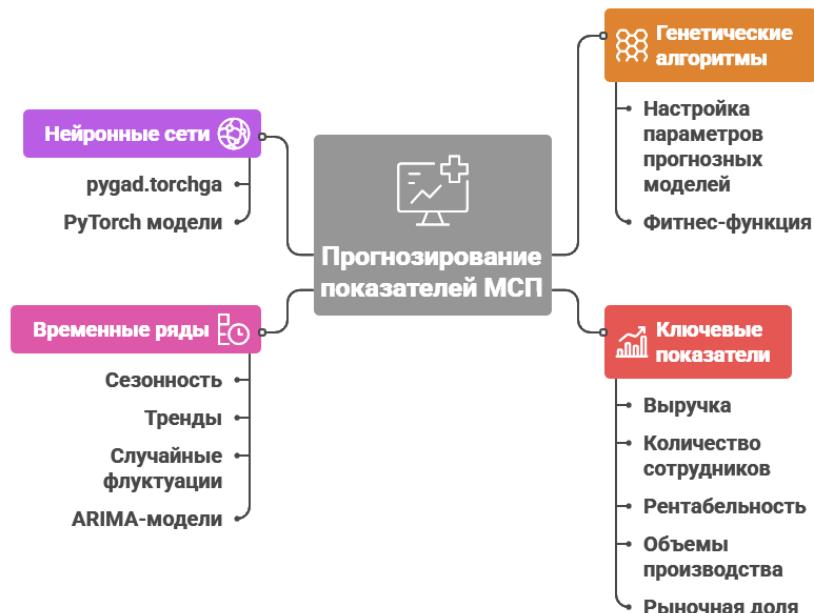


Рис. 1. Прогнозирование показателей МСП с использованием генетических алгоритмов

Это особенно эффективно для небольших и средних нейронных сетей, где традиционные методы градиентного спуска могут застревать в локальных минимумах.

Многокритериальная оптимизация в прогнозировании МСП

Прогнозирование показателей МСП часто требует учета множественных, потенциально конфликтующих критерии.

Генетические алгоритмы естественным образом адаптируются к многокритериальной оптимизации через концепцию Парето-доминирования [6].

В этом подходе особь x_1 доминирует над особью x_2 , если x_1 не хуже x_2 по всем критериям и строго лучше хотя бы по одному критерию.

Для МСП релевантными критериями могут быть: минимизация ошибки прогноза, максимизация интерпретируемости модели, минимизация вычислительной сложности и максимизация устойчивости к выбросам в данных.



Рис. 2. Оптимизация прогнозирования МСП с использованием генетических алгоритмов

Алгоритм NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II) [7] может быть реализован для поиска множества Парето-оптимальных решений, предоставляя лицу, принимающему решения, спектр альтернативных прогнозных моделей с различными компромиссами между критериями качества.

Python-библиотеки и инструменты реализации

Библиотека DEAP (Distributed Evolutionary Algorithms in Python) представляет собой комплексный инструментарий для создания генетических алгоритмов на Python. Основными компонентами DEAP являются модули `base`, `creator` и `tools`, которые обеспечивают гибкую архитектуру для построения эволюционных алгоритмов различной сложности.

Модуль `creator` позволяет динамически создавать классы с помощью функции `create()`, что обеспечивает типобезопасность и расширяемость кода.

Функция `creator.create()` принимает параметры в формате `create(, , [атрибуты нового класса])` и автоматически генерирует соответствующий Python-класс.

Например, для создания класса фитнес-функции используется вызов `creator.create("FitnessMax", base.Fitness, weights=(1.0,))`, где `weights` определяет, является ли задача максимизации или минимизации.

Модуль `toolbox` предоставляет регистрацию функций через метод `register()`, позволяя создавать переиспользуемые компоненты алгоритма.

PyGAD представляет собой более современную альтернативу, специально разработанную как интуитивно понятная библиотека для решения оптимизационных задач.

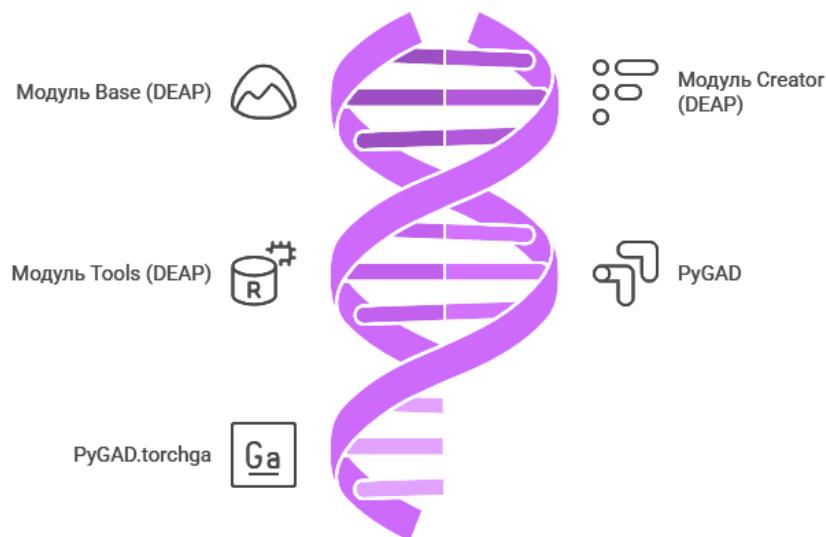


Рис. 3. Компоненты библиотек DEAP и PyGAD

Библиотека поддерживает широкий спектр параметров для контроля всего жизненного цикла генетического алгоритма, включая популяцию, диапазон значений генов, типы данных генов, методы селекции родителей, скрещивания и мутации.

Особенностью PyGAD является модуль `pygad.torchga`, который позволяет обучать PyTorch модели с использованием генетических алгоритмов.

Интеграция с экосистемой машинного обучения

PyGAD 2.10.0 включает специализированный модуль `pygad.torchga` для обучения PyTorch моделей, где проблема тренировки формулируется как оптимизационная задача.

Все параметры модели (веса и смещения) представляются в виде единого вектора-хромосомы, что позволяет применить генетический алгоритм для поиска оптимальных значений параметров.

Класс `TorchGA` создает популяцию решений для PyTorch модели, где каждое решение содержит полный набор параметров модели.

Функция `model_weights_as_vector()` извлекает все параметры из PyTorch модели и преобразует их в единый вектор, который может быть использован как хромосома в генетическом алгоритме.

Это особенно полезно для обучения небольших и средних нейронных сетей, где традиционные методы оптимизации могут оказаться неэффективными из-за сложного ландшафта функции потерь.

Интеграция с PyTorch также обеспечивает возможность использования GPU для ускорения вычислений фитнес-функции.

Практические аспекты реализации и оптимизация структуры

Эффективная реализация генетического алгоритма для прогнозирования МСП требует тщательной настройки параметров популяции и операторов эволюции.

Размер популяции `POPULATION_SIZE` должен обеспечивать достаточное генетическое разнообразие при приемлемых вычислительных затратах.

Исследования показывают, что оптимальный размер популяции часто составляет от 50 до 200 особей для задач средней сложности, при этом размер хромосомы `N_VECTOR` определяется количеством оптимизируемых параметров модели.

Инициализация популяции должна обеспечивать равномерное покрытие пространства поиска, что может быть достигнуто через использование методов квазислучайных последовательностей или стратифицированной выборки.

Код инициализации включает создание популяции с последующим вычислением фитнес-значений:

```
population = populationCreator(n=POPULATION_SIZE)
fitnessValues = list(map(fitness_function, population))
```

Каждой особи присваивается соответствующее значение приспособленности через итерацию по парам (особь, фитнес-значение).

Процесс эволюции реализуется через циклическое применение операторов селекции, скрещивания и мутации на протяжении заданного числа поколений. Селекция использует турнирный метод с размером турнира 4, что обеспечивает баланс между селективным давлением и сохранением разнообразия. Скрещивание реализуется через одноточечный кроссинговер:

```
s = random.randint(1, len(object_1) - 1)
object_1[s:], object_2[s:] = object_2[s:], object_1[s:]
```

Параметризация мутации и критерии остановки.

Мутация применяется с вероятностью $indpb=0.04$ к каждому гену, при этом изменение составляет процент от текущего значения:

```
mutant[index] += random.randint(-1, 1) * percent * mutant[index]
```

где $percent=0.05$.

Такой подход обеспечивает адаптивность мутации к масштабу параметров и предотвращает чрезмерные изменения в хромосоме.

Основной цикл алгоритма включает счетчик поколений `generationCounter` для отслеживания прогресса эволюции.

Критерии остановки могут включать достижение максимального числа поколений, стабилизацию лучшего решения на протяжении определенного числа итераций, или достижение заданного порога качества решения.

Для задач прогнозирования МСП рекомендуется использовать комбинированный критерий, учитывающий как качество решения, так и время сходимости.

Дополнительно может применяться адаптивное управление параметрами, где вероятности мутации и скрещивания изменяются в зависимости от разнообразия популяции и скорости улучшения решений.

Применение в задачах оптимизации беспроводных сенсорных сетей

Современные исследования демонстрируют успешное применение генетических алгоритмов в задачах оптимального размещения связующих узлов в беспроводных сенсорных сетях на трехмерных моделях зданий. Данный подход учитывает затухание сигнала не только в стенах, но и в межэтажных перекрытиях, что существенно повышает реалистичность модели по сравнению с двумерными аналогами. Разработанная программа на языке Python демонстрирует эффективность генетического алгоритма для проектирования структуры оптимальной беспроводной сенсорной сети (БСС).

Математическая модель задачи оптимизации размещения хабов формулируется как многомерная оптимизационная проблема, где каждый ген хромосомы представляет координаты потенциального расположения связующего узла в трехмерном пространстве. Фитнес-функция учитывает несколько критериев: покрытие всех сенсоров сети, минимизацию количества хабов, обеспечение связности сети и минимизацию энергопотребления. Трехмерная модель здания позволяет учесть реальные физические препятствия для распространения радиосигнала, что критически важно для практических применений.

Результаты модельных расчетов показывают, что генетический алгоритм способен находить квазиоптимальные решения для размещения хабов даже в сложных архитектурных структурах.

Это достигается за счет способности алгоритма одновременно оптимизировать множество параметров и избегать локальных минимумов, характерных для градиентных методов. Такой подход может быть адаптирован для задач оптимизации инфраструктуры МСП, включая размещение торговых точек, складских помещений и офисных центров.

Масштабируемость и вычислительная эффективность

Вычислительная сложность генетического алгоритма для оптимизации размещения хабов составляет:

$$O(G \cdot P \cdot F)$$

где G - число поколений,

P - размер популяции,

F - сложность вычисления фитнес-функции.

Для трехмерных моделей зданий фитнес-функция включает расчеты распространения радиоволн с учетом затухания в различных материалах, что требует значительных вычислительных ресурсов.

Однако параллельная природа генетических алгоритмов позволяет эффективно распределять вычисления между множественными процессорными ядрами.

Оптимизация производительности достигается через использование векторизованных операций NumPy для расчета фитнес-функций популяции, кэширование промежуточных результатов и применение эвристик для быстрой оценки качества решений.

Адаптивные стратегии управления размером популяции могут дополнительно повысить эффективность, начиная с большой популяции для исследования пространства поиска и постепенно уменьшая её размер для интенсивной эксплуатации найденных решений.

Заключение

Генетические алгоритмы представляют собой мощный и гибкий инструмент для математического моделирования и прогнозирования показателей малого и среднего предпринимательства.

Современные Python-библиотеки DEAP и PyGAD обеспечивают комплексную поддержку для разработки эффективных решений, включая специализированные модули для интеграции с экосистемой машинного обучения.

Математические основы генетических алгоритмов, включая операторы селекции, скрещивания и мутации, предоставляют теоретическую базу для построения надежных прогнозных моделей.

Практические применения демонстрируют высокую эффективность генетических алгоритмов в задачах оптимизации сложных систем, таких как беспроводные сенсорные сети и нейронные сети для прогнозирования временных рядов.

Многокритериальная природа задач прогнозирования МСП делает генетические алгоритмы особенно привлекательными для поиска Парето-оптимальных решений, учитывающих множественные, потенциально конфликтующие цели.

Будущие исследования должны сосредоточиться на разработке адаптивных стратегий управления параметрами алгоритма и интеграции с современными методами глубокого обучения для повышения точности прогнозирования в динамичной среде малого и среднего бизнеса.

Библиографический список

1. Мансур, М. Оптимизация управления данными для малых и средних предприятий: экономические аспекты Python и Excel / М. Мансур, И. А. Пальчиков // Инновации, технологии и бизнес. – 2025. – № 1(17). – С. 53-60. – EDN TQKBWN.
2. Мансур М., Коптелова А.Е. Модель развития инновационной деятельности малых и средних предприятий в условиях цифровой экономики // Организатор производства. 2025. Т.33. № 1. С. 61-66. DOI: 10.36622/1810-4894.2025.92.98.006
3. Коэльо, К. А. К., Ламонт, Г. Б., & Ван Велдхейзен, Д. А. (2007). Эволюционные алгоритмы для решения многокритериальных задач (2-е изд.). Springer.
4. Фахми, Т., & Асрор, И. (2021). Обзор применения генетических алгоритмов для прогнозирования цен на товары. Журнал управления рисками и финансами, 14(1). - 6. - <https://doi.org/10.3390/jrfm14010006>
5. Ша, Х., Ванг, З., & Го, Дж. (2024). Прогнозирование временных рядов цен на акции на основе оптимизации генетического алгоритма (GA) и сети долгой краткосрочной памяти (LSTM). arXiv препринт arXiv:2405.03151.
6. Собханан, А., Парк, Дж., Парк, Дж., & Квон, К. (2024). Генетические алгоритмы с нейронным предиктором стоимости для решения иерархических задач маршрутизации транспортных средств. Наука о транспорте, 58(2). – С. 207-450. - <https://doi.org/10.1287/trsc.2023.0369>
7. Деб, К., Пратап, А., Агарвал, С., & Мейариван, Т. (2002). Быстрый и элитарный многокритериальный генетический алгоритм: NSGA-II. Труды IEEE по эволюционным вычислениям, 6(2), 182-197. - <https://doi.org/10.1109/4235.996017>

References

1. Mansour, M. Optimization of data management for small and medium enterprises: economic aspects of Python and Excel / M. Mansur, I. A. Palchikov // Innovations, technologies and business. - 2025. - No. 1 (17). - P. 53-60. - EDN TQKBWN.
2. Mansour M., Koptelova A.E. Model for the development of innovative activities of small and medium-sized enterprises in the context of the digital economy // Production Organizer. 2025. Vol. 33. No. 1. P. 61-66. DOI: 10.36622/1810-4894.2025.92.98.006
3. Coello, C. A. C., Lamont, G. B., & Van Veldhuizen, D. A. (2007). Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems (2nd ed.). Springer.
4. Fahmi, T., & Asror, I. (2021). A Review of the Applications of Genetic Algorithms to Forecasting Prices of Commodities. Journal of Risk and Financial Management. - 14(1). - 6. <https://doi.org/10.3390/jrfm14010006>
5. Sha, X., Wang, Z., & Guo, J. (2024). Time Series Stock Price Forecasting Based on Genetic Algorithm (GA)-Long Short-Term Memory Network (LSTM) Optimization. arXiv preprint arXiv:2405.03151.
6. Sobhanan, A., Park, J., Park, J., & Kwon, C. (2024). Genetic Algorithms with Neural Cost Predictor for Solving Hierarchical Vehicle Routing Problems. Transportation Science, 58(2), 207-450. - <https://doi.org/10.1287/trsc.2023.0369>
7. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2), 182-197. - <https://doi.org/10.1109/4235.996017>

УДК 69.04; 519.8

Воронежский государственный
университет

Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры
цифровых технологий

Е.А. Михин

Россия, г. Воронеж, тел. +7(952) 550-51-23

e-mail: mihinzheny@mail.ru

Воронежский государственный
университет, Воронежский
государственный технический университет

Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры
инновации и строительной физики и
имени профессора И.С. Суровцева

А.А. Дробышев

Россия, г. Воронеж, тел. +7(906) 673-90-30

e-mail: alekseytf@rambler.ru

Voronezh State University

Cand. of Phys. and Math. Sciences, Associate
Professor of the Department of Digital
Technologies E.A. Mikhin

Russia, Voronezh, tel. +7(952) 550-51-23

e-mail: mihinzheny@mail.ru

Voronezh State University,

Voronezh State Technical University

Cand. of Phys. and Math. Sciences, Associate
Professor of the Department of Innovation
and Construction Physics named after

Professor I.S. Surovtsev A.A. Drobyshev

Russia, Voronezh, tel. +7(906) 673-90-30

e-mail: alekseytf@rambler.ru

Е.А. Михин, А.А. Дробышев

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАСЧЁТУ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

Аннотация: В статье представлен новый способ расчёта стержневых систем. Данный способ одинаково эффективен для случаев линейной и нелинейной деформации стержней. В его основе лежит принцип минимизации функции потенциальной энергии укрупнённой механической системы, включающей как саму стержневую систему, так и множество тел, оказывающих на неё силовое воздействие. Для минимизации функции потенциальной энергии применяются методы стохастической оптимизации.

Ключевые слова: нелинейно-деформируемые стержневые системы, минимизация потенциальной энергии системы, стохастическая оптимизация, метод случайных блужданий, метод одновременных возмущений.

E.A. Mikhin, A.A. Drobyshev

INNOVATIVE APPROACH TO THE CALCULATION OF ROD SYSTEMS

Abstract: The article presents a new method for calculating rod systems. This method is equally effective for cases of both linear and nonlinear deformation of rods. It is based on the principle of minimizing the potential energy function of a consolidated mechanical system, which includes both the rod system itself and a set of bodies exerting a force on it. Stochastic optimization methods are used to minimize the potential energy function.

Keywords: nonlinearly deformable rod systems, minimization of the system's potential energy, stochastic optimization, random walk method, simultaneous perturbation method.

Стержневые системы – это обобщенное название конструкций, основным несущим элементом которых является стержень. Стержень – это тело, у которого один размер (длина) значительно превосходит два других (поперечное сечение). Примерами стержней являются балки, трубы, стойки, колонны, тросы и т.п., которые, соединяясь между собой, образуют прочный и устойчивый каркас. Главная задача таких систем – эффективно воспринимать и передавать нагрузки, преобразуя их во внутренние усилия: сжатие, растяжение, изгиб. Считая далее соединения стержней идеальными шарнирами, можно пренебречь изгибом

стержней и рассматривать деформацию стержневой системы только за счёт сжатия и растяжения её элементов.

Важность стержневых систем трудно переоценить. С их помощью могут быть перекрыты большие пространства: залы вокзалов, аэропортов, стадионы. На основе стержневых систем формируют каркасы небоскрёбов, стропильные системы скатных крыш, мосты, башни и мачты. Стержневые системы встречаются в кузовах автомобилей, вагонов и самолётов, велосипедных и мотоциклетных рамах. Такая распространённость стержневых систем обусловлена не только их прочностью и экономичностью, но и возможностью их точного расчёта.

Как правило, расчёт стержневой системы строится на основе уравнений статики. Для всей системы в целом и для отдельных её элементов механическое равновесие будет иметь место только в том случае, если равнодействующая всех приложенных сил и суммарный момент сил окажутся нулевыми. В том случае, если уравнений статики оказывается недостаточно для определения всех сил, необходимо учесть деформацию стержней системы и использовать специальные методы, позволяющие свести задачу к расчёту статически определимой системы. Например, может быть использован метод сил, заключающийся в исключении ряда элементов из стержневой системы и замены их неизвестными усилиями. Для новой стержневой системы составляются уравнения совместности деформаций – условия, что перемещения в месте отброшенных связей должны быть такими же, как и в реальной системе. Решение этой системы уравнений позволяет найти все неизвестные.

Ключевым допущением в расчёте стержневых систем является применимость закона Гука для определения внутренних напряжений в стержнях:

$$\sigma = E \varepsilon, \quad (1)$$

где σ – напряжение в поперечном сечении стержня,

ε – относительная деформация стержня,

E – модуль Юнга для материала стержня.

Линейность этого закона позволяет свести расчет абсолютно любой стержневой системы к решению системы линейных алгебраических уравнений. Такой подход используется во многих специализированных программных комплексах: SCAD, ЛИРА, ANSYS, Nastran. Работа инженера в этом случае сводится к созданию конечно-элементной модели рассчитываемого объекта, задания свойств материалов и внешних нагрузок. После этого, в результате программного решения гигантской системы линейных уравнений определяются эпюры усилий, деформации и напряжения каждого элемента стержневой системы.

Однако существует огромное количество материалов, для которых деформация не является линейной. Приведём несколько примеров таких материалов: полимеры и пластмассы (полиэтилен, полипропилен, капрон, поливинилхлорид); композиционные материалы (углепластик, стеклопластик, кевлар, материалы с металлической матрицей); резины и эластомеры; бетон; металлы при больших нагрузках и т.п. Для представленных материалов традиционные способы расчёта стержневых систем оказываются несостоятельными.

В случае стержневой системы из нелинейно-деформируемых элементов её матрица жёсткости оказывается не постоянной, а зависящей от величин деформаций стержней. В основе расчёта таких систем лежит следующая идея: при малых (в пределе бесконечно малых) деформациях такую систему можно условно считать линейной, а, следовательно, для неё может быть применён метод конечных элементов [1]. Реализация этой идеи на практике состоит в следующем: нагрузку для стержневой системы вводят не сразу, а поэтапно, увеличивая на каждом этапе вплоть до полной величины. Это позволяет на каждом этапе считать стержневую систему квазилинейной и рассчитывать для каждого этапа величины деформаций стержней. На следующем этапе, по деформациям стержневой системы, полученным на предыдущем этапе, производят пересчёт матрицы жёсткости в соответствии

со свойствами материала стержней. И для новой матрицы жёсткости вновь применяют метод конечных элементов уже для этого этапа. Таким образом, после прохождения всех этапов будут получены окончательные величины деформации, то есть расчёт будет выполнен.

Очевидным недостатком такого способа расчёта нелинейно-деформированной стержневой системы является огромная вычислительная сложность. Кроме этого, в процессе расчёта на каждом этапе происходит накопление ошибок вычислений, связанных с дискретизацией приложенных к стержневой системе сил.

Отметим также ещё одну проблему: внешнее воздействие на стержневую систему может зависеть от её деформации. В этом случае, система уравнений, описывающих, в том числе стержневую систему из линейных элементов, также оказывается нелинейной, и требуются новые подходы к её решению.

В данной работе предложен иной способ численного расчёта нелинейно-деформированной стержневой системы. Суть этого способа сводится к следующему. Рассматривается укрупнённая система тел, включающая стержневую систему, а также множество других тел, действующих на неё и, следовательно, формирующих нагрузку, являющуюся внешней по отношению к стержневой системе. Эта внешняя нагрузка выступает в роли исходных данных и, как правило, в расчётах стержневых систем не имеет особого значения природа внешних сил. Поэтому, рассматривая укрупнённую систему, будем далее предполагать, что внешние по отношению к стержневой системе силы формируются за счёт потенциального взаимодействия с другими телами, также входящими в укрупнённую систему, то есть эти силы могут быть представлены как

$$\mathbf{F}_j = -\text{grad}\varphi_j = -\frac{\partial\varphi_j}{\partial \mathbf{s}_j}, \quad (2)$$

где φ_j – потенциал поля взаимодействия между телами укрупнённой системы, формирующий силу F_j ;

s_j – единичный вектор, направленный вдоль силовых линий потенциального поля, то есть в направлении силы F_j .

Далее, делая акцент в настоящей работе новом подходе в расчёте стержневых систем, упростим задачу, рассматривая только случай с постоянными внешними силами, не зависящими от деформации стержневой системы. В этом случае из (2) можно определить потенциал φ_j в простом виде:

$$\varphi_j = -F_j s_j, \quad (3)$$

где s_j – координата точки приложения силы F_j на координатной оси, направленной вдоль силовых линий поля.

В том случае, если внешние силы не будут постоянными, решение уравнения (2) окажется более сложным, но это никак не скажется на сути предлагаемого здесь подхода.

Выражение (3) позволяет ввести потенциальную энергию укрупнённой системы, связанную с силой F_j в следующем виде:

$$U_j^F = -F_j \Delta s_j, \quad (4)$$

где Δs_j – смещение точки приложения силы F_j вдоль направления действия этой силы.

Если смещение положительное, то U_j^F уменьшается, в противоположном случае – растёт.

Таким образом, с учётом (4) может быть введена полная потенциальная энергия укрупнённой системы в виде

$$U_{\text{полн}} = -\sum_{j=1}^M F_j \Delta s_j (\Delta l) + \sum_{i=1}^N U_i^{\text{ct}} (\Delta l_i) \quad (5)$$

Здесь M – общее количество сил, действующих на стержневую систему, N – общее количество входящих в неё стержней.

Второе слагаемое в (5) представляет сумму энергий, запасённых в деформированных элементах стержневой системы. Эти энергии зависят от величин деформации стержней Δl_i в общем случае не квадратично, как это имеет место в линейно-деформируемых системах, а по более сложному закону. Также в формуле (5) отмечена зависимость Δs_j от величин деформаций всех стержней $\Delta l = (\Delta l_1, \Delta l_2, \dots, \Delta l_N)$.

Далее остаётся воспользоваться принципом минимума потенциальной энергии для укрупнённой системы, позволяющим свести расчёт нелинейно-деформированной стержневой системы к минимизации выражения (5). В этом состоит основная предлагаемая в данной работе идея. Однако для её реализации необходимо определить способ задания потенциальной энергии деформированных стержней U_i^{ct} , а также методику поиска глобального минимума выражения (5).

В случае наличия нелинейной деформации необходимо экспериментально получить зависимость силы упругости стержня от величины деформации. Для универсализации этой зависимости из неё нужно исключить геометрические размеры стержня, подвергнутого испытанию, то есть эта зависимость может быть представлена в виде

$$f_y = \frac{F_y}{S} = g(\varepsilon), \quad (6)$$

где f_y – плотность упругих сил в поперечном сечении стержня;

F_y – экспериментально определяемая сила упругости испытуемого стержня;

S – площадь его поперечного сечения;

$g(\varepsilon)$ – экспериментально полученная функция, позволяющая определить плотность упругих сил в зависимости от величины относительной деформации $\varepsilon = \Delta l / l$.

В общем случае функция $g(\varepsilon)$ может быть представлена в форме таблицы.

Отметим, что стержень может подвергаться как растяжению, так и сжатию, что учитывается в формуле (6) введением знаков у величин F_y (а, следовательно, и у f_y) и ε . Если стержень подвергается растяжению, то ε – положительно, а F_y – отрицательно. В противоположном случае знаки у этих величин меняются.

В том случае, если экспериментальная зависимость (6) окажется достаточно гладкой, она может быть аппроксимирована полиномом невысокой степени Z :

$$f_y = -E\varepsilon + \sum_{i=2}^Z a_i \varepsilon^i. \quad (7)$$

В (7) выделена линейная часть, коэффициент E имеет такой же смысл что и модуль Юнга в выражении (1).

Запасённая в деформированном стержне потенциальная энергия может быть найдена следующим образом:

$$U^{\text{ct}}(\varepsilon) = - \int_0^{\Delta l} F_y(\Delta l) d(\Delta l) = -S \int_0^{\Delta l} f_y\left(\frac{\Delta l'}{l}\right) d(\Delta l') = |\Delta l' = \varepsilon' l| = -S l \int_0^{\varepsilon} f_y(\varepsilon') d(\varepsilon'). \quad (8)$$

Последний интеграл в выражении (8) имеет смысл потенциальной энергии, запасённой в единице объёма деформированного стержня. Знак минус включён в (8) в соответствии с определением потенциальной энергии как работы силы упругости по переводу стержня из деформированного состояния в недеформированное, а также используемого здесь правила

знаков для f_y и ε . В том случае, если представление (7) оказывается состоятельным, выражение (8) может быть переписано в виде:

$$U^{\text{ct}}(\varepsilon) = S \left(\frac{E\varepsilon^2}{2} - \sum_{i=2}^z \frac{a_i}{(i+1)} \varepsilon^{i+1} \right). \quad (9)$$

На рисунке 1а приведён пример полученных из эксперимента значений плотности сил упругости стержня, при различных значениях относительной деформации. По этим значениям в соответствии с выражением (7) получена аппроксимация экспериментальных данных полиномом пятой степени. Таким образом, получена нелинейная модель плотности силы упругости, линейная часть которой также представлена на рисунке 1а.

На рисунке 1б по нелинейной модели плотности силы упругости в соответствии с выражением (9) построена зависимость запасённой потенциальной энергии стержня от его относительного удлинения. Здесь также выделена та часть потенциальной энергии, которая связана с линейной деформацией стержня. Из анализа рисунка 1б может быть сделан вывод о том, что в случае нелинейной деформации график зависимости потенциальной энергии от относительного удлинения становится несимметричным и в общем случае может содержать помимо глобального минимума ряд локальных минимумов.

Также рисунки 1а и 1б демонстрируют увеличение расхождения значений, даваемых линейной и нелинейной моделями деформации с ростом относительного удлинения.

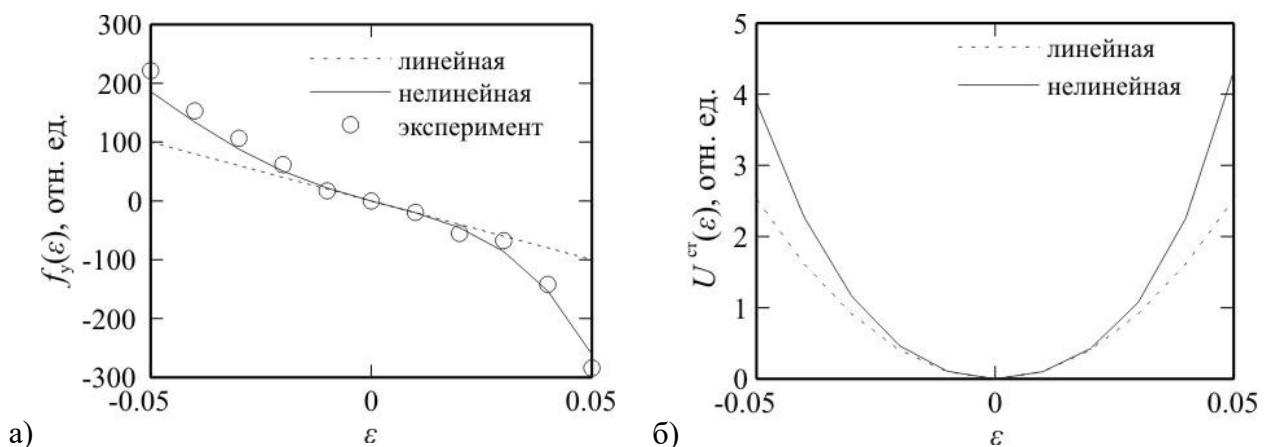


Рис. 1. Пример линейных и нелинейных плотностей сил упругости, построенных по экспериментальным данным, а также соответствующие им потенциальные энергии деформации стержней:

а) плотности сил упругости; б) соответствующие им потенциальные энергии деформации

Перейдём теперь к вопросу поиска минимума потенциальной энергии укрупнённой системы тел. В общем случае функция в выражении (5) не является гладкой, поэтому применение методов оптимизации, основанных на вычислении производных от функции, оказывается затруднительным. Кроме того, даже в случае достаточной гладкости выражение для производной может оказаться сложнее чем сама функция, то есть на вычисление производной от функции будет расходоваться больше ресурсов, чем на вычисление самой функции. Поэтому для нахождения минимума потенциальной энергии укрупнённой системы тел удобнее применять инструментарий стохастической оптимизации. В частности, для рассматриваемой проблемы могут быть использованы методы случайного блуждания [2] и одновременных возмущений [3].

Итак, опишем схему расчёта стержневой системы из нелинейно-деформируемых элементов:

1. Из каких-либо общих представлений задаём начальную конфигурацию стержневой системы с размерами всех элементов.

2. Задаём узловые точки, являющиеся опорами стержневой системы. Считаем, что в процессе деформации эти точки не изменяют своего положения.
3. Задаём материал стержней.
4. Для заданного материала стержней экспериментальным путём определяем зависимость плотности упругих сил от относительного удлинения.
5. В том случае, если экспериментальная зависимость может быть аппроксимирована полиномом невысокой степени, производим эту аппроксимацию, то есть определяем коэффициенты в выражении (7).
6. Определяем зависимость потенциальной энергии, запасённой в деформированном стержне от его относительного удлинения по формуле (8).
7. В том случае, если выражение для плотности сил упругости представляет собой полоном, для потенциальной энергии деформированного стержня может быть использована формула (9).
8. Задаём внешние силы, действующие на стержневую систему в её узловых точках. В общем случае эти силы могут зависеть от величин деформации элементов стержневой системы.
9. По известным выражениям для внешних сил, считая их потенциальными из дифференциального уравнения (2) определяем потенциалы поля взаимодействия между телами укрупнённой системы.
10. В том случае, если внешние силы постоянны, то потенциалы полей взаимодействия могут быть определены из выражения (3).
11. По найденным потенциалам определяем потенциальную энергию взаимодействия тел укрупнённой системы в зависимости от относительного удлинения стержней. Потенциальная энергия может быть определена как разность найденных потенциалов в двух положениях: при деформации и без неё.
12. В том случае, если внешние силы постоянны, потенциальная энергия взаимодействия тел укрупнённой системы может быть определена по формуле (4).
13. Основываясь на пунктах 5, 6, 10, 11 составляем выражение (5) для потенциальной энергии укрупнённой системы тел.
14. Используя метод случайного блуждания, находим значения величин удлинения стержней, которые минимизируют выражение (5).
15. По найденным удлинениям определяем напряжения в поперечных сечениях стержней.
16. При необходимости корректируем конфигурацию стержневой системы и возвращаемся к пункту 1.

Таким образом, в настоящей работе предложен способ расчёта стержневых систем из нелинейно-деформируемых элементов, основанный на стохастической оптимизации функции потенциальной энергии укрупнённой системы тел, включающей как саму стержневую систему, так и те тела, которые обуславливают внешние для стержневой системы силы. Эти тела вводятся в систему искусственно, а взаимодействие с ними стержневой системы считается потенциальным и зависящим от координат узлов стержневой системы. Такой подход является оправданным, так как в расчётах стержневых систем природа действующих на неё внешних сил, как правило, не имеет никакого значения.

Представленный подход к расчёту стержневых систем может быть использован для широкого круга задач, не решаемых классическими методами. В частности, он может быть использован в том случае, если некоторые элементы стержневых систем являются гибкими и работают только на растяжение, не оказывая никакого сопротивления сжатию (тросы верёвки и т.п.) или элементы, которые работают только на сжатие (бетон, чугун и т.п.), обладая низкой прочностью на растяжение. Кроме этой задачи, представленный в статье подход может быть использован в расчётах стержневых систем, которые в процессе деформации могут касаться других тел, то есть для тех случаев, в которых действующие на стержневую систему силы могут скачкообразно изменяться в зависимости от состояния деформации самой стержневой системы.

Библиографический список

1. Павлов, А.С. Метод конечных элементов в статике стержневых конструкций: курс лекций / А.С. Павлов. - Балтийский государственный технический университет, Санкт-Петербург: [б. и.], 2013. – 72 с. – ISBN 978-5-85546-750-5.
2. Нассеф, А.М. Роль методов на основе случайного блуждания в совершенствовании метаэвристических алгоритмов оптимизации – систематический и всеобъемлющий обзор = The Role of Random Walk-Based Techniques in Enhancing Metaheuristic Optimization Algorithms – A Systematic and Comprehensive Review / А. М. Нассеф, М. А. Абделькарим, Х. М. Маграби, А. Барутаджи // IEEE Access. – 2024. – PP (99). – С. 1-1. – DOI 10.1109/ACCESS.2024.3466170.
3. Юэ, С. Улучшенная стохастическая аппроксимация с одновременными возмущениями и ее применение в обучении с подкреплением = Improved Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation and Its Application in Reinforcement Learning / С. Юэ // Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering. – 2008. – PP. 329-332. – DOI 10.1109/CSSE.2008.1019.

References

1. Pavlov, A.S. Finite Element Method in Statics of Beam Structures: Lecture Course / A.S. Pavlov. - Baltic State Technical University, St. Petersburg: [b. i.], 2013. - 72 p. - ISBN 978-5-85546-750-5.
2. Nassef, A.M. The Role of Random Walk-Based Techniques in Enhancing Metaheuristic Optimization Algorithms - A Systematic and Comprehensive Review / A. M. Nassef, M. A. Abdelkarim, H. M. Maghrabi, A. Barutadji // IEEE Access. - 2024. - PP (99). - P. 1-1. – DOI 10.1109/ACCESS.2024.3466170.
3. Yue, S. Improved Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation and Its Application in Reinforcement Learning / S. Yue // Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering. – 2008. – PP. 329-332. – DOI 10.1109/CSSE.2008.1019.

УДК 004.89

Воронежский государственный
технический университет
Ассистент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суровцева
И.А. Пальчиков
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)770-04-24
e-mail: ilya.paltchikov@yandex.ru

Voronezh State
Technical University
Assistant of the department of innovation and
building physics named after
prof. I.S. Surovtsev
I.A. Palchikov
Russia, Voronezh, tel.: +7(950)770-04-24
e-mail: ilya.paltchikov@yandex.ru

И.А. Пальчиков

BLOCKCHAIN И КРИПТОВАЛЮТЫ: РЕГУЛИРОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ КРИПТОРЫНКОВ

Аннотация: В данной статье рассмотрено понятие Blockchain, как технология распределённого реестра, позволяющая надёжно хранить и передавать данные таким образом, что каждый участник сети имеет доступ ко всей истории транзакций и записей одновременно. Он имеет много важнейших характеристик – от децентрализации до энергетики. Зарождение технологии Blockchain началось задолго до появления биткоина – в конце XX века. Сам биткоин, как криптовалютный проект, создал в октябре 2008 года анонимный разработчик или группа разработчиков под псевдонимом Сатоши Накамото. Наиболее подробно рассмотрено регулирование крипторынков, которое является важным аспектом современной финансовой системы и представляет собой инновационный инструмент, обладающий особенностями, которые требуют особого подхода к регулированию. Крипторынки продолжают привлекать внимание инвесторов, разработчиков и правительственные органы, благодаря своим уникальным характеристикам и потенциалу для изменения традиционных финансовых систем. Несмотря на существующие риски и вызовы, крипторынки демонстрируют значительный потенциал роста и трансформации финансовых систем. Будущее зависит от способности индустрии адаптироваться к изменениям, внедрять новые технологии и сотрудничать с регуляторами.

Ключевые слова: биткоин, блокчейн, концепция, криптовалюта, крипторынок, регулирование, перспективы, технология.

I.A. Palchikov

BLOCKCHAIN AND CRYPTOCURRENCIES: REGULATION AND PROSPECTS OF CRYPTO MARKETS

Abstract: In this article discusses the concept of Blockchain as a distributed registry technology that allows you to securely store and transfer data in such a way that each network participant has access to the entire transaction history and records at the same time. It has many important characteristics, from decentralization to energy. The origin of Blockchain technology began long before the advent of bitcoin – at the end of the 20th century. Bitcoin itself, as a cryptocurrency project, was created in October 2008 by an anonymous developer or group of developers under the pseudonym Satoshi Nakamoto. The regulation of crypto markets, which is an important aspect of the modern financial system and represents an innovative tool with features that require a special approach to regulation, is considered in the most detail. Crypto markets continue to attract the attention of investors, developers, and government authorities due to their unique characteristics and potential to transform traditional financial systems. Despite the existing risks and challenges, crypto markets demonstrate significant potential for growth and transformation of

financial systems. The future depends on the industry's ability to adapt to changes, adopt new technologies, and cooperate with regulators.

Keywords: bitcoin, blockchain, concept, cryptocurrency, crypto market, regulation, prospects, technology.

Понятие и основные характеристики Blockchain

Blockchain (цепочка блоков) — это технология распределённого реестра, позволяющая надёжно хранить и передавать данные таким образом, что каждый участник сети имеет доступ ко всей истории транзакций и записей одновременно.

Основные характеристики Blockchain:

- Децентрализация: нет единого центра управления сетью, все участники имеют равные права и возможности.
- Неподверженность изменениям: после добавления блока в цепочку изменить его содержимое практически невозможно благодаря криптографическим методам защиты.
- Прозрачность: все операции видны каждому участнику сети, обеспечивая открытость.
- Безопасность: благодаря сложной криптографии взломать систему крайне сложно даже при наличии значительных вычислительных ресурсов.

Технология Blockchain используется в различных сферах:

- Финансовая сфера: криптовалюты (например, Bitcoin), платежи, смарт-контракты.
- Логистика: отслеживание товаров и материалов, повышение прозрачности поставок.
- Правовая сфера: подтверждение прав собственности, регистрация документов.
- Медицина: хранение медицинских данных пациентов и конфиденциальность.
- Энергетика: управление энергоресурсами, рынок возобновляемой энергии [1].

История возникновения и прогресс Blockchain

Технология Blockchain зародилась ещё задолго до появления первой криптовалюты — биткоина. Идея децентрализованного реестра возникла примерно в конце XX века, однако её массовое признание началось лишь спустя десятилетия.

Ранняя концепция. Идея защищённых цифровых подписей и электронных денег была предложена ещё в середине 1980-х годов, особенно в работах исследователей Дэвида Чаума. Но, полноценно реализовать систему было непрактично до начала XXI века.

Создание Сатоши Накамото. В октябре 2008 года анонимный разработчик или группа разработчиков под псевдонимом Сатоши Накамото опубликовал документ, озаглавленный «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System». Этот документ представил концепцию первого публичного blockchain'a, лежащего в основе криптовалютного проекта Биткоин.



Рис. 1. Сатоши Накатомо

Основные идеи, изложенные в документе:

- Использование концепции цепи блоков для хранения всех операций, выполненных пользователями системы.
- Децентрализацию и отсутствие централизованных органов контроля.
- Возможность совершения транзакций без посредников (банков).
- Обеспечение безопасности за счёт сложных алгоритмов шифрования и консенсусного механизма Proof-of-Work (PoW).

Запуск первой версии. Первая версия программного обеспечения для биткойн-сети была запущена в январе 2009 года. Именно тогда состоялся первый выпуск монеты и первая официальная транзакция. Первая запись в блокчейне содержала сообщение, подтверждающее важность создания безопасной альтернативы традиционной финансовой системе [2].

Распространение и развитие. После запуска Bitcoin интерес к технологии начал стремительно расти. Вскоре появились многочисленные альткоины (альтернативные криптовалюты), каждая из которых предлагала собственные решения и улучшения оригинальной модели. Например:

- Ethereum (2015 г.) предложил идею умных контрактов, расширив сферу применения Blockchain далеко за пределы денежных переводов.
- Другие проекты, такие как Litecoin, Dash, Monero, стали популярными благодаря своим уникальным характеристикам (быстрота транзакций, конфиденциальность и др.).

Современное состояние. Сегодня технология Blockchain применяется не только в криптовалютах, но и в различных отраслях экономики, включая логистику, здравоохранение, юридическую практику и многое другое. Развитие новых моделей консенсуса (Proof of Stake, Delegated Proof of Stake и др.) позволяет улучшать масштабируемость и энергоэффективность сетей.

Кроме того, крупные корпорации активно внедряют Private Blockchains для внутренних процессов, создавая частные сети с ограниченными участниками.

Таким образом, технология Blockchain стала важным инструментом цифровой трансформации многих сфер нашей жизни, существенно повлияв на представление о доверии, приватности и взаимодействии в цифровом пространстве [3].

Регулирование крипторынков

Регулирование крипторынков является важным аспектом современной финансовой системы, поскольку криптовалюты представляют собой инновационный инструмент, обладающий рядом особенностей, которые требуют особого подхода к регулированию.

Вот некоторые ключевые моменты, касающиеся регулирования крипторынков:

1. Правовые основы. Правовая база для регулирования криптовалют различается в разных странах. Некоторые государства принимают законы, специально направленные на регулирование криптовалют, в то время как другие используют существующие правовые нормы, применяя их к новым финансовым инструментам.

Примеры правового регулирования:

- США: SEC и CFTC активно участвуют в регулировании криптовалют, рассматривая их как ценные бумаги или товары, соответственно.
- Китай: запретил ICO и торговлю криптовалютами на биржах, однако допускает использование технологии блокчейна.
- Россия: закон «О цифровых финансовых активах» регулирует обращение криптовалют, запрещая их использование в качестве средства платежа, но разрешая инвестиции.

2. Налоговое законодательство. Налогообложение операций с криптовалютами также варьируется в зависимости от юрисдикции. В некоторых странах доходы от торговли криптовалютами облагаются налогом как прибыль от капитала, в других же применяются специальные налоговые режимы.

Примеры налогового регулирования:

- Германия: Доходы от продажи криптовалют освобождаются от налога, если активы удерживались более года.
- Индия: Введён специальный налог на операции с криптовалютами, составляющий 30%.

3. Биржи и торговые площадки. Биржи играют ключевую роль в торговле криптовалютами. Регуляторы уделяют особое внимание лицензированию и надзору над этими площадками, чтобы обеспечить защиту инвесторов и предотвратить мошенничество.

Основные требования к биржам:

- Лицензирование и регистрация.
- Требования к раскрытию информации о клиентах (KYC).
- Правила борьбы с отмыванием денег (AML).

4. Кибербезопасность. Безопасность транзакций и защита пользователей являются приоритетными задачами регуляторов. Это включает меры по предотвращению взломов, фишинга и других видов киберпреступлений.

Важные аспекты кибербезопасности:

- Шифрование данных.
- Двухфакторная аутентификация.
- Мониторинг подозрительных транзакций.

5. Международное сотрудничество. Учитывая глобальный характер криптовалют, международное сотрудничество становится необходимым элементом эффективного регулирования. Организации, такие как FATF, разрабатывают рекомендации по борьбе с отмыванием денег и финансированию терроризма, которые применяются странами-членами.

Регулирование крипторынков представляет собой сложный процесс, включающий правовую базу, налогообложение, контроль за биржевыми операциями и обеспечение кибербезопасности. Для достижения баланса между защитой потребителей и стимулированием инноваций важно учитывать опыт других стран и международные стандарты [4].



Рис. 2. Регулирование крипторынков

Перспективы крипторынков

Крипторынки продолжают привлекать внимание инвесторов, разработчиков и правительственные органы благодаря своим уникальным характеристикам и потенциалу для изменения традиционных финансовых систем. Рассмотрим перспективы развития крипторынков в ближайшем будущем [5].

Текущие тенденции:

- Рост популярности децентрализованных финансов (DeFi): DeFi-приложения позволяют пользователям получать доступ к различным финансовым услугам без посредников, таким как кредиты, займы и страхование. Этот сектор продолжает расти, привлекая новых участников и увеличивая объемы сделок.
 - Развитие инфраструктуры: улучшение технологий блокчейна, повышение скорости обработки транзакций и снижение комиссий способствуют росту доверия к криптовалютам среди широких слоев населения.
 - Интерес институциональных инвесторов: крупные инвестиционные фонды и корпорации начинают инвестировать в криптовалюты, видя в них перспективный класс активов. Это повышает ликвидность рынка и способствует стабилизации цен.
 - Регуляторные инициативы: многие страны разрабатывают законодательные рамки для регулирования криптовалют, что создает условия для легального функционирования индустрии и привлечения большего числа инвесторов.
- Возможные сценарии развития:
- Широкое распространение криптовалют: если криптовалюты получат массовое признание и станут частью повседневной жизни, это приведет к значительному увеличению их стоимости и объемов торгов. Однако этому могут препятствовать регуляторные ограничения и технологические проблемы.
 - Интеграция с традиционными финансовыми системами: банки и финансовые учреждения могут начать предлагать услуги, связанные с криптовалютами, что расширит возможности для инвестиций и платежей. Это может привести к созданию гибридных моделей, сочетающих традиционные и цифровые валюты.
 - Появление национальных криптовалют: некоторые страны рассматривают возможность выпуска собственных цифровых валют, поддерживаемых государством. Такие проекты могут изменить структуру финансового сектора и повлиять на стабильность мировых рынков.
 - Консолидация рынка: возможно сокращение количества мелких проектов и увеличение доли крупных игроков, что повысит безопасность и надежность рынка [6].

Заключение

Высокая волатильность остается одной из главных проблем криптовалют. Резкие колебания цен могут отпугивать потенциальных инвесторов и создавать риски для экономики. Строгие правила и ограничения могут замедлить развитие отрасли или даже запретить деятельность определенных компаний и платформ. Ограниченная пропускная способность сетей блокчейна может стать препятствием для массового внедрения криптовалют, а уязвимости в системах безопасности и случаи мошенничества остаются серьезной угрозой для пользователей и инвесторов.

Несмотря на существующие риски и вызовы, крипторынки демонстрируют значительный потенциал роста и трансформации финансовых систем. Будущее зависит от способности индустрии адаптироваться к изменениям, внедрять новые технологии и сотрудничать с регуляторами.

Библиографический список

1. Мустафин Р.Ф., Зарипова Р.С. Перспективы применения технологии блокчейн в финансовом секторе экономики / Р.Ф. Мустафин, Р.С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2022. - №4(30).
2. Тронин С.А. Правовые аспекты использования блокчейн-технологий в финансовом секторе / С.А. Тронин // Вопросы российского и международного права. 2023. - Т. 13. - №1–2.
3. Генкин А. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра / А. Генкин. - Издательство «Альпина Паблишер», 2023. - 455 с.

4. Дрешер Д. Основы блокчейна: вводный курс для начинающих в 25 небольших главах / Д. Дрешер. - Издательство «ДМК-Пресс», 2018. - 312 с.
5. Могайар У. Блокчейн для бизнеса / У. Могайар. - Издательство «Бомборра», 2018. - 224 с.
6. Пальчиков И.А., Мансур М., Наконечный А.Н. Использование Python для анализа экономических трендов на фондовом рынке: динамика акций Google / И.А. Пальчиков, М. Мансур, А.Н. Наконечный // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. -2024. - Т. 21. - №6. - С. 21-28.

References

1. Mustafin R.F., Zaripova R.S. Prospects for the Application of Blockchain Technology in the Financial Sector of the Economy / R.F. Mustafin, R.S. Zaripova // Information Technologies in Construction, Social and Economic Systems. - 2022. - No. 4 (30).
2. Tronin S.A. Legal Aspects of the Use of Blockchain Technologies in the Financial Sector / S.A. Tronin // Issues of Russian and International Law. 2023. - Vol. 13. - No. 1–2.
3. Genkin A. Blockchain. How It Works and What Awaits Us Tomorrow / A. Genkin. - Alpina Publisher, 2023. - 455 p.
4. Drescher D. Blockchain Basics: An Introductory Course for Beginners in 25 Short Chapters / D. Drescher. - DMK-Press Publishing House, 2018. - 312 p.
5. Mogayar U. Blockchain for Business / U. Mogayar. - Bomborra Publishing House, 2018. - 224 p.
6. Palchikov I.A., Mansur M., Nakonechny A.N. Using Python to Analyze Economic Trends in the Stock Market: Google Stock Dynamics / I.A. Palchikov, M. Mansur, A.N. Nakonechny // FES: Finance. Economy. Strategy. -2024. - Vol. 21. - No. 6. - Pp. 21-28.

УДК 330.322: 620.9(470)

Воронежский государственный
технический университет

Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева

А.Г. Пальчикова

Россия, г. Воронеж, тел.: + 7(952)547-80-47

e-mail: alina.yarmonova@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

Student of the Department of Innovation and
Construction Physics named after Professor
I.S. Surovtsov

A.G. Palchikova

Russia, Voronezh, tel.: + 7 (952)547-80-47

e-mail: alina.yarmonova@yandex.ru

А.Г. Пальчикова

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ В РОССИЙСКИХ ЭНЕРГОКОРПОРАЦИЯХ

Аннотация: В статье рассматриваются актуальные методы оценки эффективности инвестиционных проектов в российских энергокорпорациях, учитывающие как внешние, так и внутренние факторы, сопряженные с неопределенностью. Проанализированы различные типы проектов в энергетическом секторе и особенности расчета их эффективности. Особое внимание уделено методам дисконтирования денежных потоков и связанным с ними показателям.

Ключевые слова: эффективность проектов, инвестиции, энергетика, методы дисконтирования, чистый доход, срок окупаемости, чистый дисконтированный доход, коэффициент рентабельности инвестиций, внутренняя норма доходности, дисконтированный период окупаемости, учетная норма прибыли.

A.G. Palchikova

MODERN METHODS OF CALCULATING THE EFFICIENCY OF PROJECTS IN RUSSIAN ENERGY CORPORATIONS

Abstract: This article examines current methods for assessing the effectiveness of investment projects in Russian energy corporations, taking into account both external and internal factors associated with uncertainty. Various types of projects in the energy sector and the specifics of calculating their effectiveness are analyzed. Particular attention is paid to discounted cash flow methods and related metrics.

Keywords: project efficiency, investments, energy, discounting methods, net income, payback period, net present value, return on investment ratio, internal rate of return, discounted payback period, accounting rate of return.

Оценка эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию энергетических объектов является критически важной задачей для российских энергокорпораций. Поэтому так важно принимать во внимание большое количество факторов, в частности норму дисконтирования, начальные капиталовложения, цену топлива, издержки производства, инфляцию и уровень энергопотребления. Почти все из них подвергаются неопределенности.

В секторе энергетики определение экономической эффективности осуществляется для объектов капитального строительства, которые включены в инвестиционную программу (ИПР) организации и планируемых к включению в нее. Для энергетической деятельности рационально выделить 3 типа проектов, которые различаются методами оценки их эффективности (рис. 1):

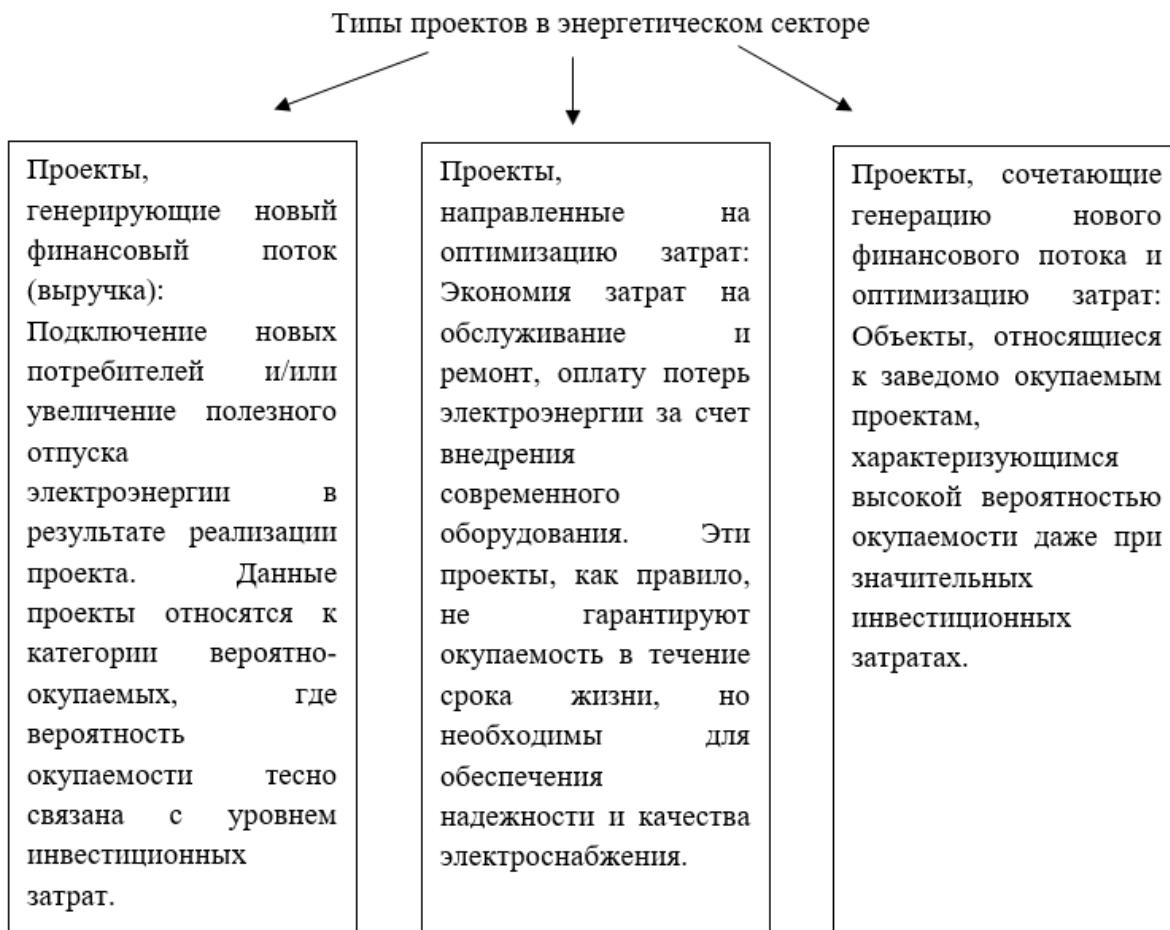


Рис 1. Типы проектов в секторе энергетики

В процессе расчета экономической эффективности электросетевых объектов (реконструкции и технического перевооружения), а также объектов, которые не относятся к электросетевым, важно брать во внимание только тот объем работ, который предусмотрен конкретным проектом.

Расчет экономической эффективности представляется не рациональным для ряда объектов инвестиций, таких как проектно-изыскательские работы будущих лет, приобретение оборудования, не требующего монтажа, и научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР).

Оценка экономической эффективности любого проекта опирается исключительно на данные, которые возникли в результате осуществления инвестиций. Необходимо принимать во внимание только прирост вводимой мощности (до и после проекта). Расчетный период начинается с текущего года с включением в нулевом периоде ранее осуществленных инвестиций (для переходящих объектов). Также необходимо учитывать актуализацию ранее сделанных расчетов в соответствии с обновленными данными [1].

В современных энергокорпорациях применяются особые методы к оценке эффективности капиталовложений, которые берут во внимание специфику отрасли электроэнергетики. Данные методы устанавливают определенные требования для планирования инвестиционной деятельности, базирующихся на сценарных условиях формирования инвестиционных программ.

Выделяют 2 метода оценки эффективности проектов в энергетическом секторе (рис. 2).

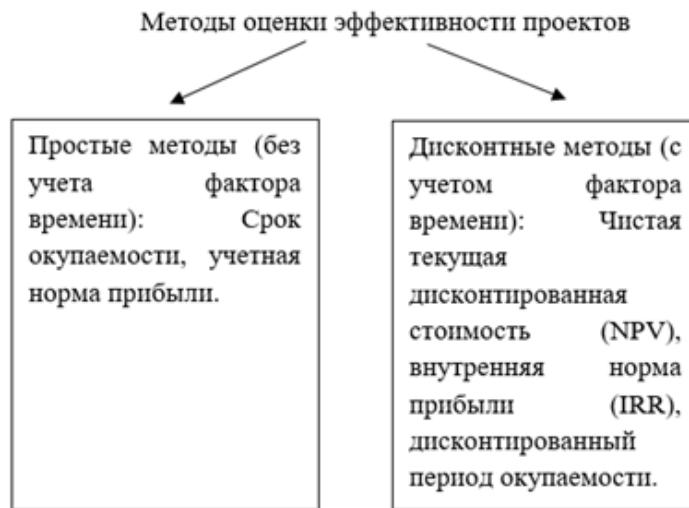


Рис 2. Методы оценки эффективности энергетических проектов

Главной составляющей дисконтных методов является дисконтирование – процесс приведения будущих денежных потоков к их эквивалентной стоимости на сегодняшний день. Ставка дисконтирования учитывает влияние временного фактора на стоимость денег, обусловленное инфляционными процессами и упущеной выгодой.

На практике применяются следующие показатели эффективности проекта:

- Чистый доход (ЧД, Net Value, NV) - накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период. Рассчитывается по формуле:

$$NV = \sum t \times CF_t, \quad (1)$$

где CF_t – денежный поток в период t ;

t – количество расчетных периодов;

N – период отдачи от инвестиций.

Этот показатель отражает превышение суммарных ДП над суммарными затратами для проекта без учета неравноценности эффектов, относящихся к различным периодам времени, поэтому не объективен.

- Срок окупаемости (СО, Payback Period, PP) - продолжительность периода от начала проекта до момента окупаемости, когда выполняется условие:

$$\sum t \times CF = NV \gg K, \quad (2)$$

где CF_t – денежный поток в период t ;

t – количество расчетных периодов;

N – период отдачи от инвестиций;

K – первоначальные инвестиции.

Данный показатель имеет недостатки, такие как отсутствие учета дисконтированной стоимости денег, и не определяет размер денежных потоков после точки окупаемости [2].

- Чистый дисконтированный доход (ЧДД, Net Present Value, NPV) - сумма дисконтированных значений потока платежей, приведённых к сегодняшнему дню. Рассчитывается по формуле:

$$NPV = \sum \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (3)$$

где CF_t – денежный поток в период t ;

t – количество расчетных периодов;

N – период отдачи от инвестиций;

i – ставка дисконтирования.

- Коэффициент рентабельности инвестиций (PI, Profitability Index) - отношение текущей стоимости, которая будет получена от проекта, к текущей стоимости инвестиций. Рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{PV(\text{Cash Inflows})}{PV(\text{Cash Outflows})} = \frac{\sum \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{I_0}, \quad (4)$$

где CF_t – денежный поток в период t ;

t – количество расчетных периодов;

N – период отдачи от инвестиций;

i – ставка дисконтирования;

I_0 - первоначальные инвестиции.

- Внутренняя норма доходности (IRR, Internal Rate of Return) - ставка дисконтирования, при которой чистый дисконтированный доход (NPV) равен нулю. IRR рассчитывается как решение уравнения:

$$IRR = \sum \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}, \quad (5)$$

- Дисконтированный срок окупаемости (DPP, Discounted Payback Period) - время, необходимое для покрытия первоначальных инвестиций с учетом дисконтирования денежных потоков. Это решение уравнения:

$$\sum \frac{CF_t}{(1+i)^t} = I_0, \quad (6)$$

где t изменяется от 0 до DPP.

DPP более консервативен, чем обычный срок окупаемости, так как учитывает фактор времени, но также не учитывает денежные потоки за пределами периода окупаемости.

- Учетная норма прибыли (ARR, Accounting Rate of Return) - отношение средней годовой бухгалтерской прибыли к средней стоимости инвестиций. Рассчитывается по формуле:

$$ARR = \frac{\text{Average Net Income}}{\text{Average Investment}} \times 100\%, \quad (7)$$

ARR прост в расчете, но не учитывает временную стоимость денег и основывается на бухгалтерской прибыли, а не на денежных потоках [3].

Инвестиционные проекты в сфере энергетики отличается долгосрочным горизонтом планирования, значительными объемами инвестиций и высоким степенью риска, обусловленной колебанием цен на энергоносители, инновациям в технологиях и изменением в законодательстве. Поэтому, определение оптимального метода оценки эффективности имеет ключевое значение для принятия обоснованных инвестиционных решений в этом секторе (табл. 1).

Таблица 1

Преимущества и недостатки различных методов оценки эффективности

Метод оценки	Преимущества	Недостатки	Применимость в энергетике
PP (CO)	Простота расчета и понимания. Даёт представление о скорости возврата вложенных средств.	Не учитывает временную стоимость денег. Игнорирует денежные потоки после периода окупаемости. Не учитывает риски.	Ограниченно применим. Может использоваться как предварительный инструмент отбора проектов, особенно для небольших и менее рискованных инвестиций.
NPV (ЧДД)	Учитывает временную стоимость денег. Отражает абсолютный прирост стоимости компании в результате реализации проекта. Позволяет сравнивать проекты с разным сроком жизни и объемом инвестиций.	Требует точной оценки денежных потоков и ставки дисконтирования. Чувствителен к изменениям ставки дисконтирования.	Широко применяется. Рекомендуется в качестве основного метода оценки, особенно для крупных и долгосрочных проектов (например, строительство электростанций или модернизация энергетической инфраструктуры).
PI (КРИ)	Учитывает временную стоимость денег. Показывает относительную эффективность инвестиций. Позволяет ранжировать проекты по привлекательности.	Требует точной оценки денежных потоков и ставки дисконтирования. Может давать противоречивые результаты по сравнению с NPV при выборе между взаимоисключающими проектами.	Широко применяется. Полезен для отбора лучших проектов при ограниченном бюджете.
IRR (ВНД)	Учитывает временную стоимость денег. Даёт представление о максимальной допустимой стоимости капитала. Легко интерпретируется.	Может давать несколько решений или не иметь решений для проектов с нетипичными денежными потоками. Некорректно работает при сравнении взаимоисключающих проектов.	Применим с осторожностью. Может использоваться для оценки привлекательности проекта, но не должен быть единственным критерием принятия решения. Требует особого внимания при анализе проектов с нетипичными денежными потоками.
DPP (DCO)	Учитывает временную стоимость денег. Более консервативная оценка срока окупаемости, чем PP.	Игнорирует денежные потоки после дисконтированного периода окупаемости. Требует определения ставки дисконтирования.	Ограничено применим. Может использоваться как дополнительный показатель для оценки риска проекта.
ARR (УНП)	Простота расчета. Использует бухгалтерские данные, которые легко доступны.	Не учитывает временную стоимость денег. Основан на бухгалтерской прибыли, а не на денежных потоках. Не учитывает риски.	Не рекомендуется для основных оценок. Может использоваться для предварительной оценки или для сравнения с другими компаниями.

В электроэнергетическом секторе, где преобладают долгосрочные проекты, крупные капиталовложения и высокая степень риска, особое значение имеет выбор подходящих методов оценки эффективности. Для принятия обоснованных инвестиционных решений целесообразно применять комплексный подход [4]. Метод чистой приведенной стоимости

(NPV) должен служить главным методом оценки, так как он наиболее обширно охватывает факторы, которые формируют стоимость проекта. Индекс рентабельности (PI) и внутренняя норма доходности (IRR) полезны для ранжирования проектов и определения их привлекательности, в то время как срок окупаемости (PP) и дисконтированный срок окупаемости (DPP) предоставляют информацию о скорости возврата инвестиций и рисках.

Таким образом, при выборе конкретных методов оценки необходимо принимать во внимание специфику проекта и отрасли, а также проводить анализ чувствительности результатов к колебаниям ключевых показателей [5]. Также необходимо не забывать о финансовых аспектах, таких как экологические и социальные последствия.

Библиографический список

1. Бочаров В.В. Инвестиции: учебник / В.В. Бочаров. – СПб.: Питер, 2009. – 381 с. - ISBN: 978-5-388-00658-5.
2. Иванов И.И., Петров П.П. Оценка эффективности инвестиционных проектов в электроэнергетике: современные вызовы и решения / И.И. Иванов, П.П. Петров // Журнал «Энергетика», 2024.
3. Ковалев В.В., Ковалев В.В. Корпоративные финансы: учебник / В.В. Ковалев, В.В. Ковалев. – Издательство: Проспект, 2021. - 640 с. - ISBN 978-5-392-27368-3, 978-5-392-28823-6
4. Лимитовский М.И. Инвестиции и инновации: учебник для вузов / М.И. Лимитовский. – М.: Юрайт, 2023.
5. Стоянова Е.С. Финансовый менеджмент в энергетике: учебник для вузов / Е.С. Стоянова. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2021.

References

1. Bocharov, V.V. Investments: Textbook / V.V. Bocharov. St. Petersburg: Peter, 2009– 381 p. ISBN: 978-5-388-00658-5.
2. Ivanov I.I., Petrov P.P. Evaluation of the effectiveness of investment projects in the electric power industry: modern challenges and solutions / I.I. Ivanov, P.P. Petrov // Energetika Magazine, 2024.
3. Kovalev V.V., Kovalev V.V. Corporate finance: textbook / V.V. Kovalev, V.V. Kovalev. – Publisher: Prospekt, 2021. - 640 p. - ISBN 978-5-392-27368-3, 978-5-392-28823-6
4. Limitovsky, M.I. Investments and Innovations: Textbook for Universities / M.I. Limitovsky. – Moscow: Yurayt, 2023.
5. Stoyanova, E.S. Financial Management in the Energy Sector: Textbook for Universities / E.S. Stoyanova. – Moscow: Delo i Servis Publishing House, 2021.

УДК 537.523.9

Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
инноватики и строительной физики имени
профессора И.С. Суровцева
Е.А. Панкратова
Россия, г.Воронеж, тел.8-951-854-24-55
e-mail: silvaavrora@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент кафедры физики
А.В. Абрамов
Россия, г.Воронеж, тел.8-952-553-17-20
e-mail: abramovvgasu@yandex.ru

Voronezh State
Technical University
Cand. tech. sci., associate Professor of the
Department of Innovation and Construction
Physics named after Professor I.S. Surovtsev
E.A. Pankratova
Russia, Voronezh, tel.: 8-951-854-24-55
e-mail: silvaavrora@mail.ru
Cand. tech. sci., associate professor of the
department of physics A.V. Abramov
Russia, Voronezh, tel.: 8-952-553-17-20
e-mail: abramovvgasu@yandex.ru

Е.А. Панкратова, А.В. Абрамов

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ГАЗА НА СТЕПЕНЬ ЛОКАЛИЗАЦИИ РАЗРЯДА

Аннотация: Известно, что процесс травления материалов локализованным газовым разрядом лимитируется ионной бомбардировкой, что делает распределение плотности потока заряженных частиц определяющим фактором для формирования зоны травления. В рамках настоящего исследования была изучена зависимость степени локализации разряда от электроотрицательности рабочего газа, что позволило выявить ключевые закономерности, определяющие эффективность и характеристики процесса травления SiO₂.

Ключевые слова: газовый разряд, электрон, математическое моделирование.

Е.А. Pankratova, A.V. Abramov

INFLUENCE OF GAS ELECTRONEGATIVITY ON DISCHARGE LOCALIZATION DEGREE

Abstract: It is known that the etching process of materials by a localized gas discharge is limited by ion bombardment, which makes the distribution of the density of the flow of charged particles a determining factor for the formation of the etching zone. Within the framework of this study, the dependence of the discharge localization degree on the electronegativity of the working gas was studied, which allowed to identify the key patterns that determine the efficiency and characteristics of the SiO₂ etching process.

Keywords: gas discharge, electron, mathematical modeling.

Процесс травления ЛГР представляет собой инновационный прорыв в области передовых технологий обработки материалов для микроэлектроники. Этот метод демонстрирует значительный потенциал для повышения производительности и снижения энергозатрат, а также характеризуется высокой скоростью выполнения операций и улучшенными экологическими показателями по сравнению с традиционными плазмохимическими и химическими технологиями.

Электроотрицательность газа играет ключевую роль в процессе прилипания и оказывает значительное воздействие на пространственное распределение электронов, что является фундаментальным аспектом их химического поведения. Этот процесс, характеризующийся присоединением электронов к молекулам газа, приводит к образованию отрицательно заряженных ионов, что существенно изменяет электронные свойства среды.

Первоначально для расчета пространственного распределения использовалась модель, приближенно описывающая силовые линии электрического поля в пространстве. Расчеты проводились для прямоугольного ВЧ электрода, длина которого много больше ширины (l), для участка разрядного промежутка, который удален от краев электрода на расстояние достаточное для устранения влияния краевых эффектов. Сечение такого участка приведено на рисунке 1.

Учитывая симметрию системы, расчет распределения концентраций электронов (n_e) и компонентов плазмы проводился вдоль оси X с началом координат в центре разрядного промежутка и перпендикулярной к продольной оси электрода.

Для решения поставленной задачи удобно рассматривать отдельно область разряда непосредственно под электродом (I) и область вне электрода (II). При давлениях порядка 10^4 Па, характерных для ЛГР, $n_e \sim E$. Поскольку электрическое поле в области I достаточно однородно $E=U/L$ [1].

Предполагая, что влияние процесса диффузии на распределение концентрации электронов под элементом электрода незначительно, можно считать, что в области I она постоянна и равна n_{e0} [2].

За пределами электрода (II) электрическое поле не является однородным, его напряженность

$$E(x) = \frac{U}{l_E(x)}, \quad (1)$$

где $l_E(x)$ - длина силовой линии электрического поля, которая рассчитывалась как длина дуги окружности с центром, расположенным на оси X' , и проходящей через точку x и край ВЧ электрода (рис. 1).

Радиус окружности:

$$R = L\sqrt{L^2 + (x - l/2)^2}(x - l/2)^{-1} \quad (2)$$

Длина дуги данной окружности принималась за длину силовой линии электрического поля в точке x .

Помимо изменения напряженности электрического поля в зоне II на распределение электронов влияют такие процессы как диффузионное рассеяние и прилипание электронов к молекулам электроотрицательных газов.

Согласно [2], ослабление пучка моноэнергетических электронов при прохождении некоторого расстояния в газе можно описать как:

$$n_e(x) = n_{e0} \exp(-p_0 P_c x), \quad (3)$$

где P_c – вероятность соударений, которые испытывает электрон, проходя расстояние в 1 см при давлении 1,33 Па при $T = 273$ К,

n_{e0} – начальная концентрация при $x = 0$,

$p_0 = 273p/T$ – приведенное давление.

Величина P_c :

$$P_c = \frac{n_G}{p_0}, \quad (4)$$

где n_G – концентрация частиц,

Эффективное сечение атома (молекулы):

$$q = \pi a^2, \quad (5)$$

где a – радиус частицы.

При $T = 300$ К, $p = 10^4$ Па, для SF_6 ($a = 6,06 \cdot 10^{-10}$ м) $P_c = 0,83$, а для CF_4 ($a = 4,84 \cdot 10^{-10}$ м) $P_c = 1,13$.

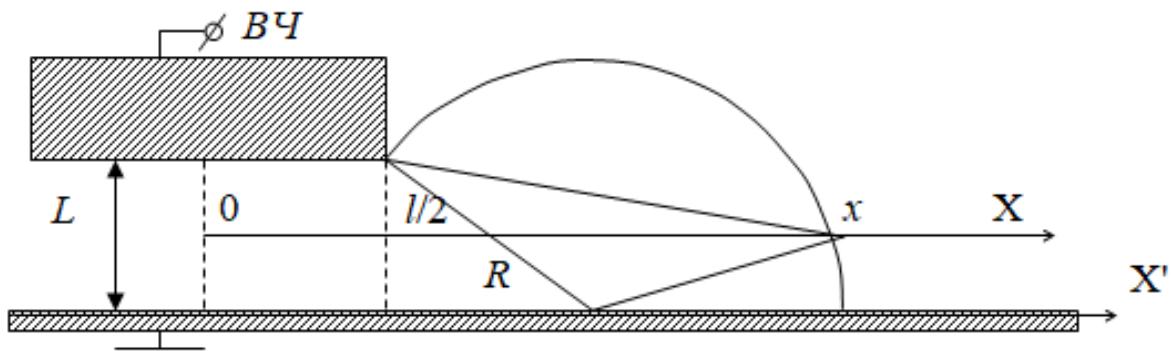


Рис. 1. Иллюстрация к расчету пространственного распределения напряженности электрического поля около элемента электрода

Для электроотрицательных газов существенное влияние на пространственное распределение электронов оказывает процесс прилипания. Число прилипших электронов dn_e на пути длиной dx пропорционально исходному числу электронов и полному числу соударений, испытываемых электроном на этом пути. Под действием электрического поля E электрон проходит в секунду расстояние равное μE , где μ - подвижность электрона. При этом проходя один метр он испытывает $v_c/\mu E$ соударений, где v_c – частота соударений. Обозначая коэффициент пропорциональности через h , имеем:

$$dn_e = - \left(h n_e \frac{v_c}{\mu E} \right) dx \quad (6)$$

Принимая, что при $x = 0$ и $n_e = n_{e0}$, было получено [3]:

$$n_e = n_{e0} \exp \left[- \frac{hv_c}{\mu E} x \right] \quad (7)$$

Величина h носит название вероятности прилипания и имеет сложную зависимость от отношения (E/p) , ход которой определяется механизмом прилипания. Согласно результатам работ [3] коэффициент h обычно имеет порядок $10^{-5} \div 10^{-4}$. Концентрация электронов уменьшается за счет прилипания гораздо быстрее, чем в процессе диффузионного рассеяния, поскольку эффективное время процесса прилипания при атмосферном давлении на два-три порядка меньше эффективного времени процесса диффузии.

С учетом указанных выше процессов относительное распределение концентрации электронов по x выражается формулой:

$$\frac{n_e(x)}{n_{e0}} = \frac{L}{l \left(\frac{l}{2} - x \right)} \exp \left(\frac{hv_c}{\mu E} \cdot l \left(\frac{l}{2} - x \right) \right) \exp \left(P_c p \left(\frac{l}{2} - x \right) \right) \quad (8)$$

На основании уравнения (8) были выполнены расчеты распределений относительной концентрации электронов в газовом разряде для различных значений давления и межэлектродных расстояний.

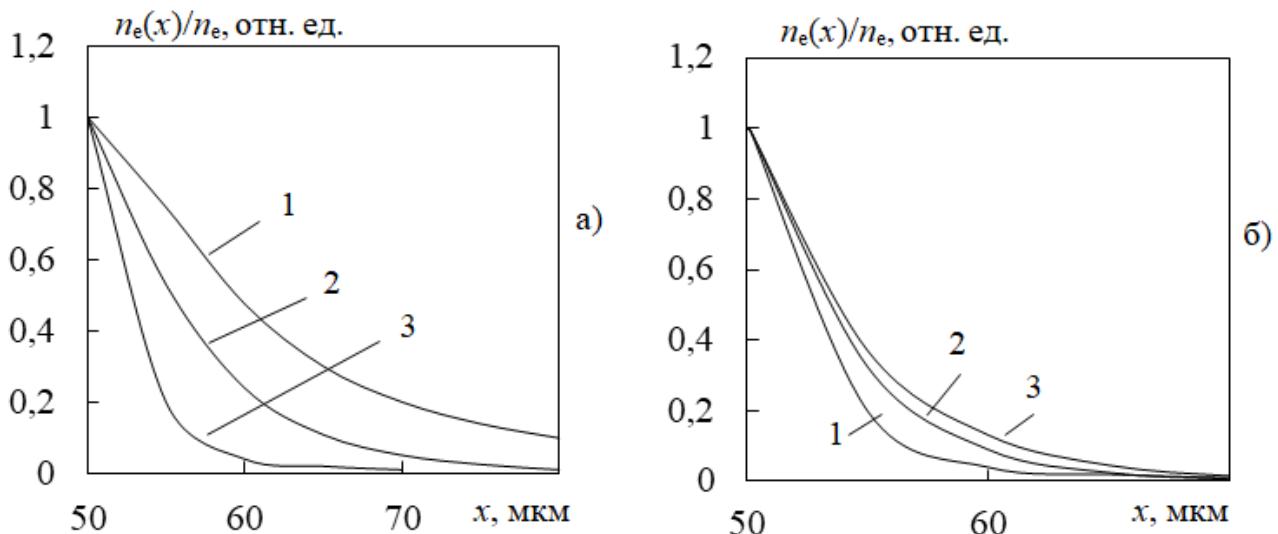


Рис. 2. Зависимость пространственного распределения концентрации электронов в области II разряда для различных давлений:

- а) при $1 = 100 \text{ мкм}$, $p = 3 \cdot 10^3$ (1); 10^4 (2); $3 \cdot 10^4 \text{ Па}$ (3) и межэлектродных расстояний
б) при $p = 10^4 \text{ Па}$; $L = 30$ (1); 100 (2); 300 мкм (3). Газ SF_6

Анализ графиков, представленных на рисунке 2а и 2б, позволил сделать вывод о том, что с увеличением давления концентрация электронов экспоненциально снижается по мере удаления от катода, что свидетельствует о локализации разряда в более ограниченном объеме. Аналогичный эффект наблюдался при уменьшении межэлектродного расстояния, что приводило к сужению области, в которой сосредоточены электроны.

В рамках настоящего исследования была изучена зависимость степени локализации разряда от электроотрицательности рабочего газа, что позволило выявить ключевые закономерности, определяющие эффективность и характеристики процесса травления SiO_2 . Известно, что данный процесс лимитируется ионной бомбардировкой, что делает распределение плотности потока заряженных частиц определяющим фактором для формирования зоны травления. Поскольку вероятность процесса прилипания электронов к молекулам газа CF_4 крайне мала, коэффициент прилипания для данного газа был принят равным нулю.

Сравнительный анализ рассчитанного для CF_4 распределения концентрации электронов $n_e(x)$ с экспериментально полученным распределением глубины травления $H(x)$ SiO_2 (рис. 3) демонстрирует их качественное совпадение. Это подтверждает, что границы термодинамически лимитированной глубины травления (ТЛГР) SiO_2 действительно определяются распределением потока заряженных частиц на поверхности материала.

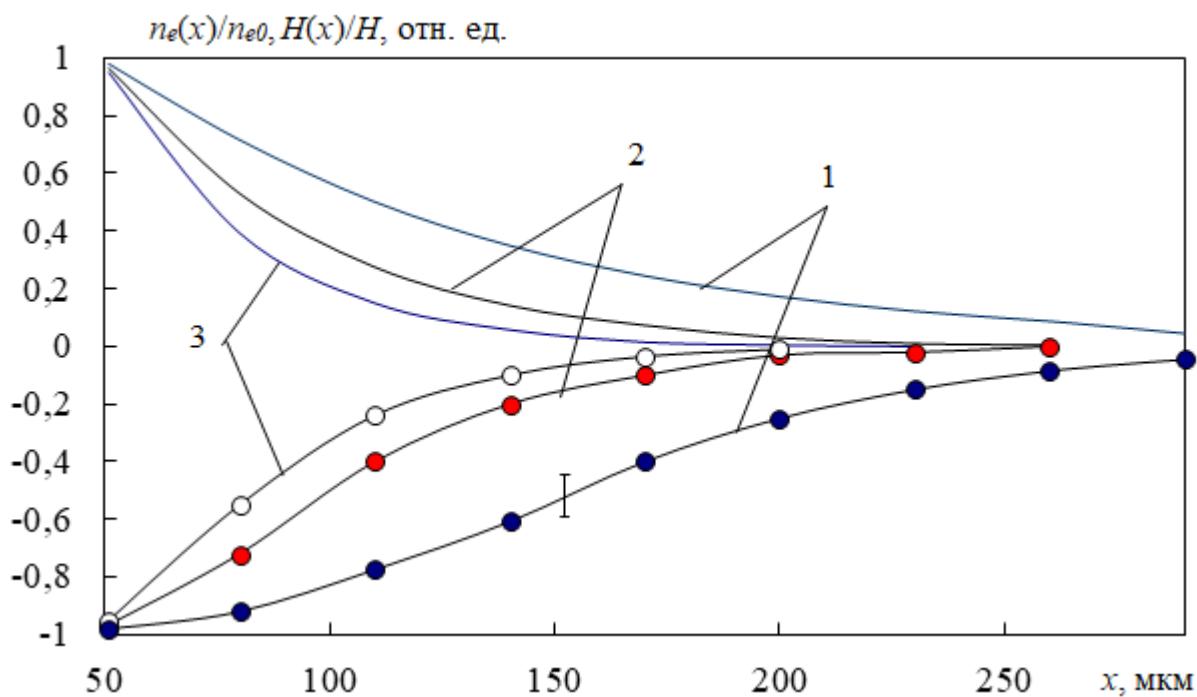


Рис. 3. Распределение концентрации электронов (расчет) и глубины травления SiO_2 (эксперимент) в области II разряда. Газ - CF_4 , $L = 100$ мкм; $p = 10^4$ (1); $2 \cdot 10^4$ (2); $3 \cdot 10^4$ Па (3)

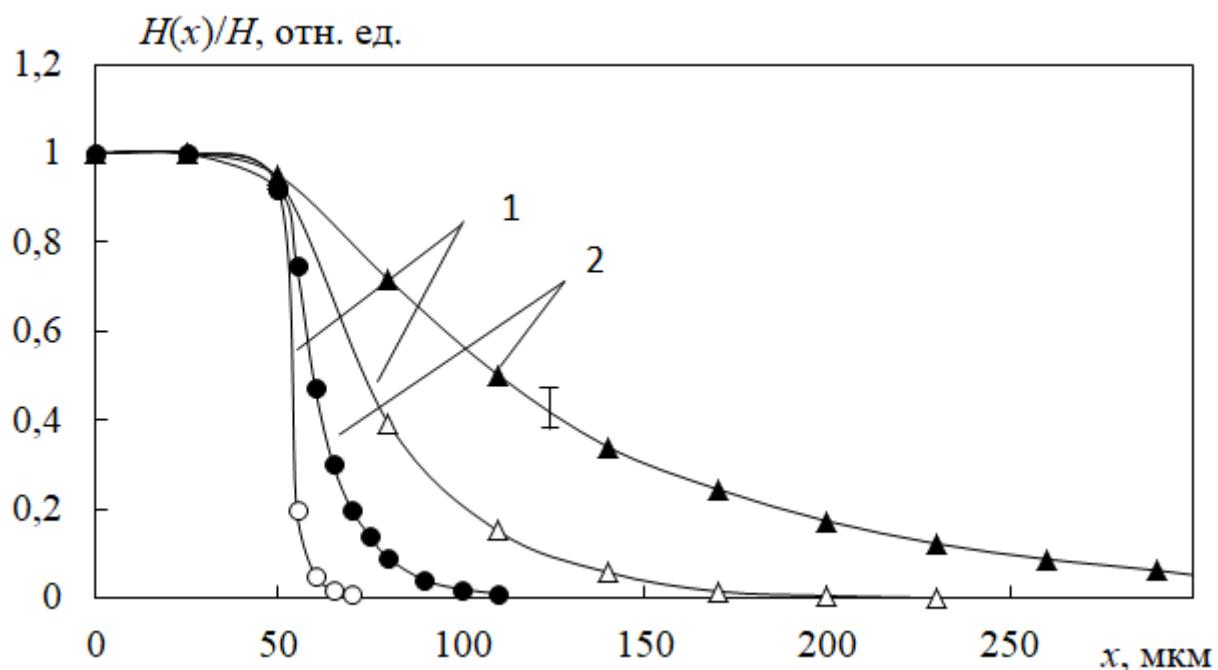


Рис. 4. Профили травления SiO_2 в газах SF_6 (кружочки) и CF_4 (треугольники), $L = 100$ мкм; $p = 3 \cdot 10^4$ (1); 10^4 Па (2)

Экспериментальные данные также показали, что в электроотрицательном газе SF_6 , где процесс прилипания электронов значительно более вероятен, наблюдается локализация разряда в существенно меньшем объеме. Это приводит к повышению разрешения процесса травления SiO_2 , что является важным преимуществом при реализации высокоточных технологических операций (рис. 4).

Выводы к работе:

1. Принимая во внимание принцип электронейтральности плазмы, можно заключить, что полученное распределение электронов будет аналогичным для распределения положительных ионов, что подтверждается фундаментальными законами физики плазмы.
2. Результаты исследования подтверждают, что электроотрицательность рабочего газа играет критическую роль в определении характеристик разряда и, как следствие, в эффективности травления SiO₂. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации параметров плазмохимических процессов и повышения качества получаемых материалов.

Библиографический список

1. Абрамов А.В., Абрамова Е.А., Дикарев Ю.И., Суровцев И.С. Локализованный газовый разряд и перспективы его применения в микроэлектронике / А.В. Абрамов, Е.А. Абрамова, Ю.И. Дикарев, И.С. Суровцев. - В сборнике: ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И НАНОСТРУКТУРЫ (СТАВЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ). Материалы межрегиональной конференции, 2002. - С. 14-15.
2. Hugel H. In Proc. VI Int. Symp. «Gas Flow and Chem. Lasers». Jerusalem, 1986. – P. 258.
3. Аверин А.П. Предельные энерговклады и напряженности поля в непрерывном электроионизационном разряде в молекулярных газах / А.П. Аверин, Н.Т. Басов, Е.П. Глотов и др. - Квантовая электроника, 1986. - Т.13. - Вып. 7. - С. 13-23.

References

1. Abramov A.V., Abramova E.A., Dikarev Yu.I., Surovtsev I.S. Localized gas discharge and prospects for its application in microelectronics / A.V. Abramov, E.A. Abramova, Yu.I. Dikarev, I.S. Surovtsev. - In the collection: HIGH-ENERGY PROCESSES AND NANOSTRUCTURES (STAVEROV READINGS). Proceedings of the interregional conference, 2002. - P. 14-15.
2. Hugel H. In Proc. VI Int. Symp. «Gas Flow and Chem. Lasers». Jerusalem, 1986. - P. 258.
3. Averin A.P. Limiting energy deposits and field strengths in a continuous electron-beam-controlled discharge in molecular gases / A.P. Averin, N.T. Basov, E.P. Glotov et al. - Quantum Electronics, 1986. - Vol. 13. - Issue 7. - P. 13-23.

УДК 537.523.9

Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
инновации и строительной физики имени
профессора И.С. Суровцева
Е.А. Панкратова
Россия, г.Воронеж, тел.8-951-854-24-55
e-mail: silvaavrora@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент кафедры физики
А.В. Абрамов
Россия, г.Воронеж, тел.8-952-553-17-20
e-mail: abramovvgasu@yandex.ru
Ведущий инженер АО Концерн «Созвездие»
А.Н. Панкратов
Россия, г.Воронеж, тел.8-910-247-24-36
e-mail: mcsm@list.ru

Voronezh State
Technical University
Cand. tech. sci., associate Professor of the
Department of Innovation and Construction
Physics named after Professor I.S. Surovtsev
E.A. Pankratova
Russia, Voronezh, tel: 8-951-854-24-55 email:
silvaavrora@mail.ru
Cand. tech. sci., associate professor of the
department of physics A.V. Abramov
Russia, Voronezh, tel.: 8-952-553-17-20
e-mail: abramovvgasu@yandex.ru
Leading Engineer of JSC Concern
«Constellation» A.N. Pankratov
Russia, Voronezh, tel.: 8-910-247-24-36
e-mail: mcsm@list.ru

Е.А. Панкратова, А.В. Абрамов, А.Н. Панкратов

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ОГРАНИЧЕННЫХ ГАЗОВЫХ РАЗРЯДАХ

Аннотация: Исследование пространственного распределения заряженных частиц в области локализации газового разряда представляет собой фундаментальную задачу современной физики плазмы и газоразрядной электроники. В данной работе анализируются основные механизмы формирования и эволюции заряженных частиц в зоне разряда, с акцентом на их пространственную динамику и структурные особенности.

Ключевые слова: газовый разряд, электрон, математическое моделирование.

E.A. Pankratova, A.V. Abramov, A.N. Pankratov

ANALYSIS OF ELECTRON CONCENTRATION IN LIMITED GAS DISCHARGES

Abstract: The study of the spatial distribution of charged particles in the localization region of a gas discharge is a fundamental task in modern plasma physics and gas discharge electronics. This paper analyzes the main mechanisms of the formation and evolution of charged particles in the discharge zone, focusing on their spatial dynamics and structural features.

Keywords: gas discharge, electron, mathematical modeling.

Для повышения эффективности применения локального газового разряда (ЛГР) в процессах травления необходимо провести комплексное исследование его механизма. Одним из ключевых аспектов исследования газового разряда является анализ пространственного распределения электронов и ионов в пространстве. В частности, важным параметром является электрический потенциал, который оказывает существенное влияние на движение заряженных частиц, определяя их траектории и скорости. Эти параметры оказывают значительное воздействие на такие важные характеристики травления, как скорость, анизотропия, равномерность и селективность обработки.

В данной работе предложено рассмотреть распределение электронов в локализованном газовом разряде, исходя из анализа распределения напряжённости в областях, расположенных непосредственно под элементами электродов.

В предыдущих работах [1, 2] были определены критерии локализации микроплазмы высокочастотного газового разряда и впервые показана возможность его использования для безмасочного размерного травления различных материалов. При этом конфигурация локализованного газового разряда (ЛГР) задается геометрией поверхности электрода, располагающегося над обрабатываемым материалом.

В работе [3] впервые были представлены результаты травления ЛГР (ТЛГР) рисунка в пленке SiO_2 на Si с разрешением $\sim 5\mu\text{m}$. Благодаря высоким значениям выделяемой в локализованной плазме плотности мощности (до 10 кВт/см^3) и давлению плазмообразующего газа (до 10^5 Па) наблюдаемые, например, в SF_6 скорости травления кремния и диоксида кремния достигают соответственно 5 и $0,5 \text{ мкм/с}$ [4].

Для успешного решения технологических задач с использованием ТЛГР необходимо изучить механизм этого процесса, прежде всего роль различных (заряженных и нейтральных) частиц в его протекании, а также их пространственные распределения под элементами электрода. Хотя реальная плазма является нестационарной, даже при предположении её стационарности системы дифференциальных уравнений, описывающие изменения компонентного состава плазмы, могут быть решены аналитически только в простейших случаях. Тем не менее, математическое моделирование позволяет провести теоретический анализ процессов, происходящих при формировании локализованного газового разряда, и выявить ключевые закономерности, определяющие эффективность травления материалов.

В работе [5] представлены результаты расчетов пространственного распределения электронов, проводимые для прямоугольного ВЧ электрода. Для решения поставленной задачи предлагалось рассматривать отдельно область разряда непосредственно под электродом (I), где плотность электронов считалось постоянной и равной n_{e0} , и область вне электрода (II), где $n_{e0} \sim E$. Так за пределами электрода (II) электрическое поле не является однородным, его напряженность обратно пропорциональна длине силовой линии электрического поля, которая рассчитывалась как длина дуги окружности с центром, расположенным на обрабатываемой поверхности и проходящей через точку x и край ВЧ электрода (рис.1). Помимо изменения напряженности электрического поля в зоне II на распределение электронов влияют такие процессы как диффузионное рассеяние и прилипание электронов к молекулам электроотрицательных газов, таких как SF_6 .

Используя модель, представленную в работах [5, 6], были рассчитаны распределения концентрации электронов в разряде для различных давлений и межэлектродных расстояний в газах CF_4 и SF_6 . Было установлено, что степень локализации электронов в ЛГР растет при увеличении давления и уменьшении L . Полученные данные неплохо согласуются с экспериментально полученными результатами [5]. Однако, распределение напряженности электрического поля в этом случае не отражает реальную картину поля непосредственно под элементом электрода и на его границе. Для получения более точной картины травления в этой зоне, необходимо искать другой подход. Так, мы предлагаем использовать математический пакет ELCUT, для решения данной задачи.

Задача формулируется в виде уравнения Пуассона относительно электрического потенциала U .

Результаты и обсуждение. Для элемента электрода, представленного на рис.1, с помощью ELCAD была получена картина поля в области между электродами аналогичными рис.1, и построено распределение напряженности поля вдоль поверхности травления.

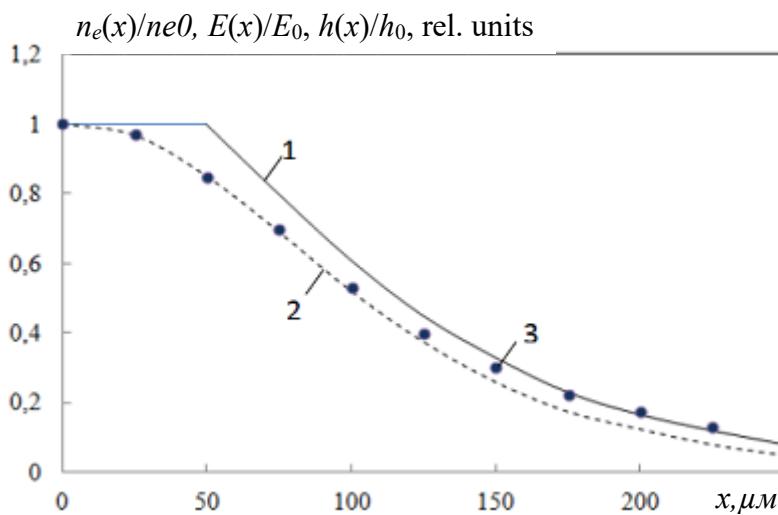


Рис.1. Распределение относительной концентрации электронов рассчитанные с использованием модели [5] для CF_4 (1); распределение относительной напряженности поля, полученное с помощью ELCAD (2); глубина экспериментально полученного профиля травления в отн. ед. (3)

На представленном графике хорошо видно, что распределение напряженности, полученное с помощью модели [5], учитывающее распределение поля и процесс диффузии, хорошо совпадает с экспериментом в области, удаленной от края электрода. В тоже время, полученное с помощью ELCAD распределение напряженности поля, идеально отражает профиль травления в области под элементом электрода и на его границе. Стоит заметить, что учет диффузии для этого распределения позволяет получить соответствие с экспериментом во всей рассматриваемой области значений x . Используя такой метод, был проведен анализ разрешающей способности ЛГР в зависимости от межэлектродного расстояния. Так, на рис. 2 представлены распределения электронов под единичным электродом при различных межэлектродных расстояниях L . Как видно из рисунка, разрешение профиля травления существенно зависит от межэлектродного расстояния, и чем оно меньше, тем равномерней распределение электронов в области I.

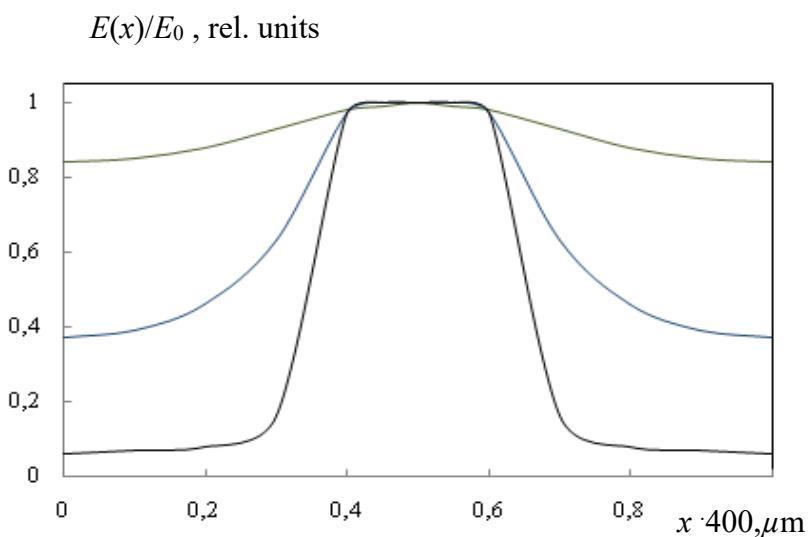


Рис.2. Распределение электронов под электродом в зависимости от межэлектродного расстояния. Пунктиром обозначена область разряда под элементом электрода. Ширина элемента электрода $100 \mu\text{м}$. $L = 125(1), 50(2), 10(3)\mu\text{м}$

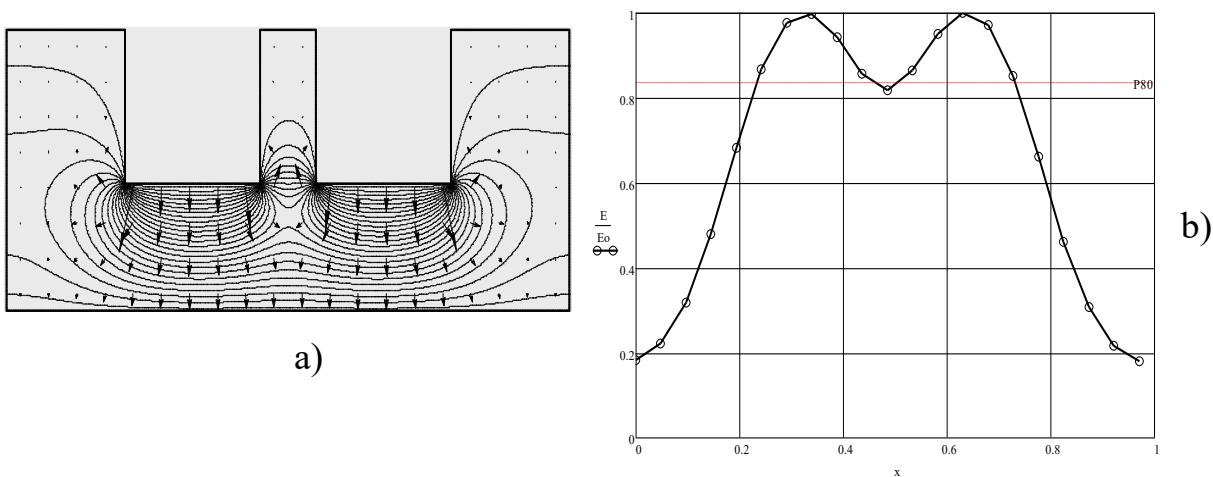


Рис. 3. а –пример картины поля, рассчитанного с помощью ELCUD,
б – распределение напряженности поля вдоль поверхности травления

В рамках данного исследования анализировались параметры пространственного разрешения процесса травления, что позволило получить объективные данные о минимальных различиях в топологии микроструктур. Полученные результаты имеют важное значение для оптимизации технологических процессов и повышения точности изготовления электронных компонентов. Была проведена детальная оценка разрешающей способности травления двух смежных элементов электрода.

Пример поля, для такого случая, представлен на рисунке 3а. За предел разрешения а принималось минимальное расстояние, при котором два близко расположенных точечных предмета будут изображаться как раздельные. Согласно критерию Релея, для двух объектов западение величины между двумя максимумами не должно превышать 20% (рис.3б). Используя такой подход, была получена зависимость «пределного значения» а от L.

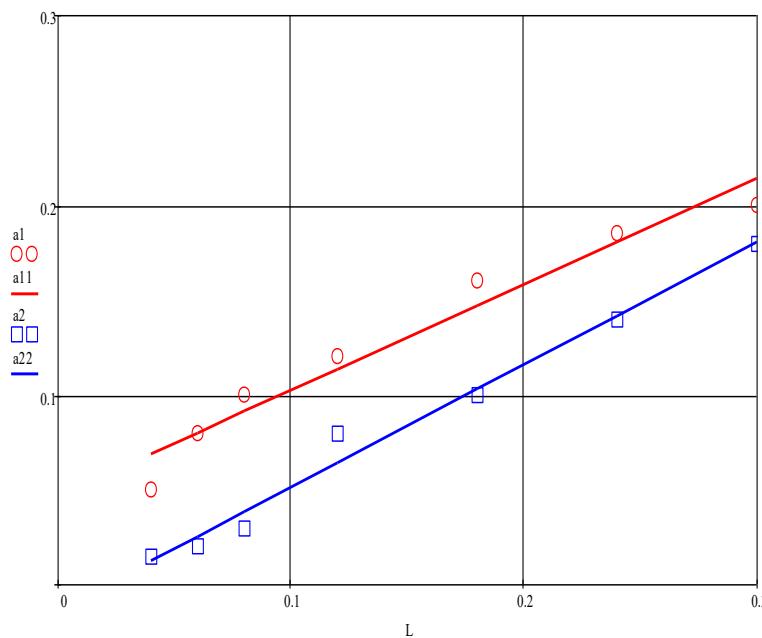


Рис. 4. a1(L) точки – предельные значения «а» при потенциале на всем верхнем электроде, a11(L) – прямая - линейная аппроксимация; a2(L) и a22(L) – то же самое при потенциале только на нижней грани электродов

Представленные в работе данные показывают, что сочетание двух представленных выше подходов позволяют описать профиль травления материалов локализованным газовым разрядом. Стоит отметить, что данная модель не учитывает изменение химического состава плазмы, влияющее на распределение скорости целевого процесса травления, связанное, в

частности, с возникновением эффекта «загрузки». Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых технологий в области газоразрядной электроники, а также для более глубокого понимания физических процессов, происходящих в плазме.

Библиографический список

1. Абрамов А.В. Дикарев Ю. И Суровцев И.С. Патент № 2091904 «Способ локального плазмохимического травления материала», Россия. - 27.09.1997.
2. Абрамов А.В., Абрамова Е.А., Суровцев И.С. Травление материалов локализованным газовым разрядом / А.В. Абрамов, Е.А. Абрамова, И.С. Суровцев. - Письма в Журнал технической физики, 2001. - Т. 27. - № 3. - С. 45-48.
3. Абрамов А.В., Абрамова Е.А., Суровцев И.С. Размерное травление кремния и диоксида кремния локализованным газовым разрядом / А.В. Абрамов, Е.А. Абрамова, И.С. Суровцев. - Журнал технической физики, 2005. - Т. 75. - № 7. - С. 70-74.
4. Абрамов А.В., Панкратова Е.А., Суровцев И.С. Скорость травления кремния локализованным газовым разрядом / А.В. Абрамов, Е.А. Панкратова, И.С. Суровцев. - Журнал технической физики, 2014. - Т. 84. - № 10. - С. 34-38.
5. Абрамова Е.А. Сб. статей «Твердотельная электроника и микроэлектроника» ВГТУ, 2001. - С. 38-44.
6. Abramov A.V., Abramova E.A., Surovtsev I.S. MATHEMATICAL MODELING OF THE ETCHING PROCESS USING A LOCALIZED GAS DISCHARGE / A.V. Abramov, E.A. Abramova, I.S. Surovtsev. - In the collection: Plasma Physics and Plasma Technology. proceedings VI International Conference, 2009. - C. 482-485.

References

1. Abramov A.V., Dikarev Yu., and Surovtsev I.S. Patent No. 2091904 "Method of local plasma-chemical etching of material", Russia. - September 27, 1997.
2. Abramov A.V., Abramova E.A., Surovtsev I.S. Etching of materials by localized gas discharge / A.V. Abramov, E.A. Abramova, I.S. Surovtsev. - Letters to the Journal of Technical Physics, 2001. - Vol. 27. - No. 3. - Pp. 45-48.
3. Abramov A.V., Abramova E.A., Surovtsev I.S. Dimensional etching of silicon and silicon dioxide by localized gas discharge / A.V. Abramov, E.A. Abramova, I.S. Surovtsev. - Journal of Technical Physics, 2005. - Vol. 75. - No. 7. - Pp. 70-74.
4. Abramov A.V., Pankratova E.A., Surovtsev I.S. Silicon etching rate by localized gas discharge / A.V. Abramov, E.A. Pankratova, I.S. Surovtsev. - Journal of Technical Physics, 2014. - Vol. 84. - No. 10. - Pp. 34-38.
5. Abramova E.A. Collection of articles «Solid-State Electronics and Microelectronics» VSTU, 2001. - Pp. 38-44.
6. Abramov A.V., Abramova E.A., Surovtsev I.S. MATHEMATICAL MODELING OF THE ETCHING PROCESS USING A LOCALIZED GAS DISCHARGE / A.V. Abramov, E.A. Abramova, I.S. Surovtsev. - In the collection: Plasma Physics and Plasma Technology. proceedings VI International Conference, 2009. - pp. 482-485.

УДК 332.012.2:311.218

Воронежский государственный
технический университет

Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени И.С. Суровцева
Б.Е. Соболева
Россия, г. Воронеж, тел. 8-950-712-15-58
e-mail: sobolevalera77@gmail.com

Voronezh State
Technical University
Student, Department of Innovation and
Building Physics named after I.S. Surovtsev
V.E. Soboleva
Russia, Voronezh, tel. 8-950-712-15-58
e-mail: sobolevalera77@gmail.com

Б.Е. Соболева

ПРОБЛЕМЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СМАРТ-РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ

Аннотация: использование социального картирования в качестве метода оценки уровня развития городских систем занимает важное место в рамках концепции смарт-городов. Однако этот метод сталкивается с рядом препятствий и ограничений, которые снижают его эффективность и точность. В данной статье рассматриваются основные трудности, связанные с техническими, этическими и методологическими аспектами социального картирования, а также предлагаются возможные стратегии их устранения.

Ключевые слова: социальное картирование, смарт-город, городские системы, диагностика развития, информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), социальные данные, репрезентативность данных, этические аспекты, защита персональных данных, инфраструктура, большие данные, стандартизация данных, автоматизация анализа, динамическое картирование, управление городом, урбанистика.

V.E. Soboleva

PROBLEMS AND LIMITATIONS OF SOCIAL MAPPING IN DIAGNOSTICS OF SMART- DEVELOPMENT OF URBAN SYSTEMS

Annotation: The use of social mapping as a method for assessing the development of urban systems occupies an important place within the concept of smart cities. However, this method faces a number of obstacles and limitations that reduce its effectiveness and accuracy. This article examines the key challenges associated with the technical, ethical, and methodological aspects of social mapping and proposes possible strategies for addressing them.

Keywords: social mapping, smart city, urban systems, development diagnostics, information and communication technologies (ICT), social data, data representativeness, ethical considerations, data protection, infrastructure, big data, data standardization, automation of analysis, dynamic mapping, urban management, urban studies.

Современные мегаполисы ищут новые подходы к повышению уровня комфорта, устойчивости и эффективности управления. В рамках развития концепции смарт-городов большое значение приобретает применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для сбора и анализа данных, а также для поддержки управленческих решений [1]. Одним из способов получения информации о социальной сфере является социальное картирование — процесс визуализации и анализа данных, характеризующих население города и его потребности.

Несмотря на широкое распространение и популярность, социальное картирование сталкивается с рядом проблем, которые снижают качество и применимость результатов.

Наиболее важными из них являются вопросы репрезентативности данных, этические нюансы, сложности технической реализации и постоянные изменения в городской среде.

Технические и методологические сложности

1. Недостаточная репрезентативность собираемых данных

Одной из основных трудностей социального картирования является неполнота и несоответствие собранных данных реальной социальной ситуации. Источниками информации зачастую выступают опросы, данные из социальных сетей и государственные базы данных. Однако не все категории населения имеют равный доступ к цифровым ресурсам или готовы участвовать в сборе данных. Особенно это касается пожилых людей, мигрантов или жителей отдаленных районов, что приводит к их недостаточной представленности [4].

Это создает искаженную картину социального положения и снижает точность анализа. В результате оценки могут отображать лишь интересы и мнения определенных групп, что мешает получению полноты картины.

2. Разнородность и несовместимость источников информации

Данные для социального анализа поступают из различных систем — опросных листов, социальных сетей, административных платформ, что зачастую усложняет их объединение. Каждая из этих платформ использует свои стандарты, уровни детализации и форматы данных. В результате возникает необходимость в их согласовании, что нередко сопряжено с трудностями, такими как несовпадение форматов, противоречия или разная степень актуальности.

Это мешает созданию единой, согласованной социальной карты, что негативно сказывается на качестве анализа и принятии управленческих решений.

3. Временные рамки и постоянное развитие процессов

Городские системы и социальные явления в них постоянно изменяются. Статичные социальные карты быстро устаревают, особенно в условиях быстрого технологического прогресса и инфраструктурных преобразований. Обновление данных требует значительных ресурсов — как финансовых, так и людских. Ограниченнность этих ресурсов ведет к использованию устаревших данных, что негативно влияет на актуальность и практическую ценность карт.

Этические и социальные ограничения

1. Защита личных данных и конфиденциальность

Процесс сбора данных о населении связан с рисками нарушения приватности граждан. Использование информации из соцсетей, мобильных приложений и государственных баз требует строгого соблюдения законодательства о защите персональных данных (например, GDPR или российских нормативных актов) [3].

Несоблюдение этических стандартов и правил защиты информации вызывает у граждан недоверие, что снижает их участие и, как следствие, качество данных. В результате социальные карты могут содержать искаженную или неполную информацию [5].

2. Субъективность оценки и эвристические методы

Многие аналитические подходы основаны на эвристических принципах и субъективных интерпретациях. Например, оценка уровня социальной интеграции или качества жизни зачастую зависит от мнений исследователей или участников опросов. Это создает риск субъективных суждений и предвзятостей, что снижает объективность полученных результатов.

Ограничения инфраструктуры и ресурсов

1. Низкое развитие инфраструктурных систем

В некоторых районах города отсутствует развитая ИКТ-инфраструктура, что затрудняет сбор и качество данных. Особенно это касается отдаленных, малонаселенных или социально незащищенных районов.

2. Ограничность финансовых и кадровых возможностей

Постоянное обновление и обработка данных требуют значительных затрат. Многие муниципалитеты не располагают достаточным финансированием или специалистами для проведения регулярных исследований, что ведет к устареванию карт и снижению их эффективности.

Пути устранения существующих ограничений

1. Внедрение современных технологий и методов анализа

Использование автоматизированных систем для сбора данных, машинного обучения и анализа больших данных позволяет повысить качество, скорость и точность получаемой информации. Например, сенсорные сети, анализ данных из соцсетей и мобильных устройств дают возможность получать актуальные и детальные сведения.

2. Стандартизация и интеграция данных

Создание единых стандартов и протоколов обмена данными способствует более эффективной интеграции информации из различных источников. Также важно развивать платформы для совместного использования данных между государственными органами, научными учреждениями и бизнесом.

3. Усиление этических норм и защиты данных

Разработка четких правил сбора, обработки и хранения информации, а также внедрение технологий шифрования и анонимизации, помогут повысить доверие граждан и обеспечить соблюдение законодательства [6].

4. Постоянное обновление и динамическое управление картами

Использование автоматизированных методов и динамических систем позволяет своевременно актуализировать социальные карты и быстро реагировать на изменения в городской среде.

Заключение

Социальное картирование является важным инструментом для оценки и анализа развития городских систем в рамках концепции смарт-городов. Однако его широкое использование ограничено рядом проблем: от технических и методологических до этических и ресурсных. Для повышения эффективности этого метода необходим системный подход, включающий внедрение новых технологий, развитие инфраструктуры и стандартизацию процессов [7]. В будущем улучшение качества социального картирования сможет существенно повысить качество управления городами, сделать их более устойчивыми, инклюзивными и комфортными для населения.

Библиографический список

1. Batty M., Axhausen K.W., Giannotti F. и др. Смарт-сити будущего / M. Batty, K.W. Axhausen, F. Giannotti // European Physical Journal. Special Topics. - 2012. - Т. 214. - № 1. - С. 481–518.
2. Kitchin R. The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences / R. Kitchin // Sage Publications. 2014.
3. He G., Liu W. Ethical issues in social data analytics for smart cities / G. He, W. Liu // Urban Informatics. - 2019. № 2. - Т. 45. - С. 112–125.
4. Иванов А.И. Социальное картирование и его роль в развитии умных городов / А.И. Иванов // Вестник Московского государственного университета. - Серия 21. География. - 2019. - № 3. - С. 45–59.
5. Смирнова Е.В. Этические аспекты использования социальных данных в умных городах / Е.В. Смирнова // Журнал информационных технологий и безопасности. - 2020. - № 2. - С. 78–86.

6. Петров В.А., Кузнецова И.Ю. Информационно-коммуникационные технологии в городском управлении: вызовы и перспективы / В.А. Петров, И.Ю. Кузнецова // Российский журнал урбанистики. - 2021. - № 1 (5). - С. 15–29.
7. Лебедев А.В. Методы социального картирования в анализе урбанистических процессов / А.В. Лебедев // Вестник Санкт-Петербургского университета. География. - 2018. - № 36 (3). - С. 102–115.

References

1. Batty M., Axhausen K.W., Giannotti F., et al. Smart cities of the future / M. Batty, K.W. Axhausen, F. Giannotti // European Physical Journal. Special Topics. - 2012. - Vol. 214. - No. 1. - Pp. 481–518.
2. Kitchin R. The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences / R. Kitchin // Sage Publications. 2014.
3. He G., Liu W. Ethical issues in social data analytics for smart cities / G. He, W. Liu // Urban Informatics. - 2019. No. 2. - Vol. 45. - Pp. 112–125.
4. Ivanov A.I. Social mapping and its role in the development of smart cities / A.I. Ivanov // Bulletin of Moscow State University. - Series 21. Geography. - 2019. - No. 3. - P. 45-59.
5. Smirnova E.V. Ethical Aspects of Using Social Data in Smart Cities / E.V. Smirnova // Journal of Information Technology and Security. - 2020. - No. 2. - P. 78-86.
6. Petrov V.A., Kuznetsova I.Yu. Information and Communication Technologies in Urban Management: Challenges and Prospects / V.A. Petrov, I.Yu. Kuznetsova // Russian Journal of Urban Studies. - 2021. - No. 1 (5). - P. 15-29.
7. Lebedev A.V. Methods of Social Mapping in the Analysis of Urban Processes / A.V. Lebedev // Bulletin of St. Petersburg University. Geography. - 2018. - No. 36 (3). - P. 102–115.

УДК 712.253

Воронежский государственный технический
университет
Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
Ю.А. Соболева
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)224-28-30
e-mail: yuliya.tovstaya2017@yandex.ru

Voronezh State
Technical University
Student Department of Innovation and
Construction Physics named after Professor
I.S. Surovtsev
Yu.A. Soboleva
Russia, Voronezh, Tel.: +7(920)224-28-30
E-mail: yuliya.tovstaya2017@yandex.ru

Ю.А. Соболева

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ПАРКОВЫХ ЗОНАХ И ЗОНАХ ОТДЫХА ЖИТЕЛЕЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Аннотация: в данной статье рассматривается роль инновационных решений и внедрений в парковых зонах и зонах отдыха жителей в городской среде для создания комфортной и уникальной обстановки для горожан. Ответственность за благоустройство и улучшение городской среды лежит на плечах специалистов, которые стремятся привнести новые идеи и подходы в организацию общественных пространств. Как следствие, жители получают возможность наслаждаться красотой природы, заниматься спортом, проводить время с семьей и друзьями, отдохнуть от городской суеты. Однако для того, чтобы эти места были действительно привлекательными для жителей, необходимо разрабатывать инновационные решения, которые помогут создать комфортное и уникальное пространство. Разработка инновационных решений в парковых зонах и зонах отдыха становится все более актуальной задачей для городских администраций. Современные технологии позволяют создавать новые формы интерактивности и развлечений для посетителей парков, а также обеспечивать безопасность и комфортность использования этих пространств. В данной статье рассмотрено несколько инновационных подходов к разработке парковых зон и зон отдыха в городской среде, которые помогут сделать эти места еще более привлекательными для жителей и посетителей.

Ключевые слова: зоны отдыха, инновации, городское пространство, комфорт, парк.

Yu.A.Soboleva

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE SOLUTIONS IN PARK AREAS AND RECREATION AREAS OF RESIDENTS IN AN URBAN ENVIRONMENT

Abstract: This article examines the role of innovative solutions and implementations in urban parks and recreation areas to create a comfortable and unique environment for residents. Responsibility for the improvement and beautification of the urban environment rests with professionals who strive to bring new ideas and approaches to the organization of public spaces. As a result, residents have the opportunity to enjoy the beauty of nature, play sports, spend time with family and friends, and take a break from the hustle and bustle of the city. However, for these spaces to be truly attractive to residents, it is necessary to develop innovative solutions that will help create a comfortable and unique space. Developing innovative solutions in parks and recreation areas is becoming an increasingly important task for city administrations. Modern technologies allow for new forms of interactivity and entertainment for park visitors, as well as ensure the safety and comfort of using these spaces. This article examines several innovative approaches to the design of urban parks and recreation areas that will help make these places even more attractive to residents and visitors.

Keywords: recreation areas, innovation, urban space, comfort, park.

Городская среда — это не просто совокупность зданий и дорог, а сложная экосистема, в которой качество жизни напрямую зависит от доступности и функциональности зелёных пространств. По данным ВОЗ, каждый житель города должен иметь доступ к зелёным зонам площадью не менее 9 м² на человека; в реальности в крупных российских мегаполисах этот показатель составляет 4-6 м², а в старых районах — ниже 2 м².

Парки и зоны отдыха сегодня перестают быть просто «зелёными островками» — они превращаются в многофункциональные социальные, экологические и технологические платформы, способные решать задачи здравоохранения, климатической адаптации, цифровой трансформации и социальной справедливости.

Целью данной работы является систематизация и обоснование инновационных решений, направленных на модернизацию городских парков и зон отдыха с учётом современных вызовов урбанизации.

Разработка инновационных решений в парковых зонах и зонах отдыха имеет большое значение для обеспечения экологической устойчивости городского пространства. Вместо традиционных методов развития парков - посадки деревьев и установки скамеек - сегодня специалисты предлагают использовать новые технологии и материалы, которые позволяют сохранять баланс между природным окружением и потребностями человека. Такие инновационные подходы могут быть связаны с использованием экологически чистых материалов, эффективным использованием энергии или созданием интерактивных элементов, способствующих активному проведению времени на природе.

Разработка инновационных решений в парковых зонах также может быть направлена на повышение доступности для людей с ограниченными возможностями. Создание специальных площадок или аттракционов может помочь им получить полноценное удовольствие от пребывания на природе. Кроме того, разработка новых форматов открытых пространств может стимулировать активное времяпровождение горожан: спортивные площадки, площадки для выставок или культурных мероприятий – все это делает парки более интересными местами для жизни.

Внедрение инноваций позволяет сохранить естественную красоту природного ландшафта, обеспечить доступность для всех слоев населения и повысить экологическую устойчивость города в целом. В данной статье рассмотрим несколько решений по разработке инноваций в парковых зонах и поделимся опытом создания комфортного пространства для отдыха жителей города.

Роль парков и зон отдыха в городской среде в жизни людей

Парки и зоны отдыха играют важную роль в городской среде, оказывая значительное влияние на жизнь и благополучие жителей. Эти места предоставляют людям возможность отдохнуть от повседневных забот, насладиться природой и провести время с семьей и друзьями [1].

Во-первых, парки и зоны отдыха способствуют улучшению физического и психологического состояния людей. Прогулки по зеленым аллеям, занятия спортом на открытом воздухе и контакт с природой помогают снизить уровень стресса, повысить настроение и улучшить общую физическую форму. Это особенно важно в условиях современного городского образа жизни, где все больше людей сталкиваются с повышенным уровнем стресса и сидячим образом жизни.

Во-вторых, парки и зоны отдыха являются социальными местами, где люди могут встретиться и общаться. Это способствует формированию сильных сообществ и поддержанию социальных связей. Пикники, спортивные мероприятия, концерты и другие организованные мероприятия в парках способствуют развитию социальной активности и сплоченности в городском сообществе.

В-третьих, парки и зоны отдыха являются местами, где можно познакомиться с природой и ознакомиться с экологическими вопросами. Они способствуют экологическому образованию и осознанности, приобщают людей к защите окружающей среды и природы. Возделывание традиционных садов и посадка деревьев в парках также способствуют сохранению биоразнообразия и созданию экологически устойчивой среды.

В целом, парки и зоны отдыха играют важную роль в городской среде, предоставляя людям возможность расслабиться, провести время с близкими и насладиться природой. Они способствуют улучшению физического и психологического состояния людей, развитию социальных связей и экологическому образованию [2].

Проблемы парковых зон и направления их решения

Мы можем рассмотреть основные проблемы парков в городах и вытекающие последствия (табл.1):

Таблица 1

Основные проблемы парков в городах и вытекающие последствия

Причины	Последствия	Источник
Дефицит зелёных зон	Ухудшение микроклимата, рост температуры, снижение биоразнообразия	ВОЗ, 2022; Росстат, 2023 г.
Пассивное использование парков	Социальная изоляция, снижение физической активности	МЗ РФ, 2023 г.
Недоступность для групп риска	Инвалиды, пожилые, семьи с детьми не могут полноценно пользоваться пространством	Институт «Город без барьеров» 2023 г.
Высокие затраты на содержание	Недостаточное финансирование, устаревшие технологии	Минстрой РФ, 2023 г.
Отсутствие обратной связи	Непонимание потребностей пользователей	Социологический опрос (n = 3200), 2024 г.

Рассмотрим шесть приоритетных направлений в инновационных решения благоустройства парков.

1. Умные технологии

Установка солнечных панелей для обеспечения энергией ограждений, освещения и зарядки гаджетов. Также можно использовать технологии «умного освещения», которые позволяют создавать различные настроения и эффекты освещения в зависимости от времени суток и погодных условий. Сенсорные приборы автоматически регулируют яркость освещения в зависимости от времени суток и наличия людей вокруг. Это не только помогает сэкономить электричество, но и создает безопасную и комфортную атмосферу для посетителей [3].

«Умные» бенчи и скамейки. Эти мебельные предметы оснащены солнечными батареями, которые позволяют заряжать мобильные устройства и предусматривают наличие USB-портов для подключения гаджетов. Это позволяет жителям наслаждаться отдыхом в парке и в то же время оставаться на связи [4].

Внедрение «умных» систем автоматического полива в парковых зонах. Эти системы оснащены сенсорами, которые мониторят влажность почвы и погодные условия, позволяя оптимально регулировать полив. Такое инновационное решение помогает сохранить растительность в парке и экономить воду.

Мобильное приложение с навигацией, расписанием мероприятий, онлайн-бронированием зон (например, для пикника или занятий йогой).

В парковых зонах могут быть установлены сенсорные панели, которые позволят посетителям получать информацию о различных объектах и достопримечательностях парка. Также на таких панелях можно размещать интерактивные карты для помощи посетителям в ориентировании на территории парка.

Например, система «Зелёный Контроль» в Екатеринбурге с 50 сенсорами снизила аварийность на дорожках на 22% за год.

2. Многофункциональные зоны отдыха:

- Комбинирование функций: спорт + отдых + культура + образование.
- Модульные конструкции: скамьи-стеллажи, игровые элементы с солнечными панелями, деревянные столы с зарядкой USB.
- Зоны «тишины» и «активности» в одном парке - удовлетворение разных возрастных и социальных групп.

3. Экологическое образование и вовлечение:

- Эко-тропы с интерактивными информационными панелями (QR-коды на деревьях, аудиогиды).
- Школы природы для детей и взрослых: наблюдение за птицами, посадка деревьев, сбор мусора.
- «Гражданские сады» - участки, где жители самостоятельно ухаживают за растениями (вовлечённость = ответственность).

4. Жители - не клиенты, а соавторы:

- Онлайн-опросы и интерактивные карты (например, через портал «ДоброДел»).
- Работающие «советы парков» - из пенсионеров, молодёжи, родителей, инвалидов.
- Мастер-классы по дизайну: «Сделаем наш парк сами».

Например, в Твери после реализации participatory design посещаемость парка выросла на 47%.

5. Использование возобновляемых ресурсов и циркулярной экономики:

- Переработка отходов в благоустройство: плитка из переработанного пластика, садовые элементы из древесных отходов.
- Солнечные фонари, зарядные станции, компостеры.
- Пилотные проекты: «Парк из мусора» в Калининграде - 80% элементов сделаны из вторсырья.

6. Адаптивное ландшафтное проектирование:

- Использование местных видов растений, устойчивых к засухе и загрязнению (например, боярышник, ива, лаванда).
- Создание дождевых садов и зелёных кровель для управления стоками и охлаждением воздуха.
- Принцип «постоянного изменения»: зоны с сезонной трансформацией (летом - игровая, зимой - каток/снежная горка).

Например, Парк «Зарядье» (Москва) - многослойная ландшафтная структура с террасами, имитирующими природные ландшафты России.

Так же считаем, что еще одним важным аспектом разработки инновационных решений в парковых зонах и зонах отдыха является использование технологий для обеспечения безопасности посетителей. Например, можно использовать системы видеонаблюдения с искусственным интеллектом для обнаружения и предотвращения преступлений. Также можно установить автоматические системы пожаро- и охранных сигнализаций, которые будут оперативно реагировать на опасные ситуации.

Заключение

Таким образом, инновационные решения в зонах отдыха - это не роскошь, а необходимость для выживания современного города. Парки должны стать не только «зелёными лёгкими», но и социальными, цифровыми и образовательными центрами, объединяющими людей, природу и технологии. Предложенный в статье комплексный подход «от биофильного проектирования до участия граждан» позволяет трансформировать парки из пассивных объектов в активные экосистемы, способные улучшать здоровье, повышать устойчивость и создавать чувство принадлежности к городу. Основным

требованием к этим паркам является наличие зоны тихого отдыха с прогулочными и бытовыми подзонами, и зоны активного отдыха с подзонами развлечений, зрелищ и игр.

В состав парков могут быть включены территории памятников архитектуры и садово-паркового искусства. Инновации в развитии парковых зон также способствуют стимулированию развития городского туризма и привлечению инвестиций в улучшение городской инфраструктуры [5]. Эстетически привлекательные и ухоженные парки и зоны отдыха приковывают внимание жителей и гостей города, способствуя развитию туристического потенциала и увеличению экономической активности в регионе.

Библиографический список

1. Бриллиант Е.В., Ветвицкая С.М. Инновационное развитие городской среды / Е.В. Бриллиант, С.М. Ветвицкая // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2022. - № 5-2. - С. 184-185.
2. Мавлютова О.С. Роль парков в жизни города / О.С. Мавлютова // Экология. Безопасность. Жизнь. - 2019. - № 4. - С.249-250.
3. Гостев В.Ф., Юскевич Н.Н. Проектирование садов и парков / В.Ф. Гостев, Н.Н. Юскевич. – М.: Стройиздат, 1991. - 340 с. - ISBN 5-274-00438-5.
4. Устойчивый дизайн: скамейки на солнечных батареях в городской среде – Интернет-ресурс: <https://rlst.by/2024/10/23/ustojchiviy-dizajn-skamejki-na-solnechnyh-batareyah-v-gorodskoj-srede/?ysclid=mgmp1rryym508540216>
5. Нагибина И.Ю., Журова Е.Ю. Значение парковых зон для жителей городской среды / И.Ю. Нагибина, Е.Ю. Журова // Молодой ученый. - 2014. - № 20 (79). - С. 84-85. – Интернет-ресурс: <https://moluch.ru/archive/79/14035/>

References

1. Brilliant E.V., Vетвitskaya S.M. Innovative development of the urban environment / E.V. Brilliant, S.M. Vетвitskaya // International journal of applied and fundamental research. - 2022. - No. 5-2. - P. 184-185.
2. Mavlyutova O.S. The role of parks in city life / O.S. Mavlyutova // Ecology. Safety. Life. - 2019. - No. 4. - P.249-250.
3. Gostev V.F., Yuskevich N.N. Design of gardens and parks / V.F. Gostev, N.N. Yuskevich. - M.: Stroyizdat, 1991. - 340 p. - ISBN 5-274-00438-5.
4. Sustainable Design: Solar-Powered Benches in the Urban Environment - Internet resource: <https://rlst.by/2024/10/23/ustojchiviy-dizajn-skamejki-na-solnechnyh-batareyah-v-gorodskoj-srede/?ysclid=mgmp1rryym508540216>
5. Nagibina I.Yu., Zhurova E.Yu. The Importance of Park Areas for Urban Residents / I.Yu. Nagibina, E.Yu. Zhurova // Young Scientist. - 2014. - No. 20 (79). - P. 84-85. - Internet resource: <https://moluch.ru/archive/79/14035/>

УДК 004.896

Воронежский государственный
технический университет

Ассистент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева Д.В. Сысоева

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(910)040-58-61

e-mail: psareva.darja@yandex.ru

Старший преподаватель кафедры инноватики
и строительной физики имени профессора

И.С. Суровцева А.В. Ботиенко

Россия, Воронеж, тел.: +7(961)186-97-21

e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru

Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора

И.С. Суровцева К.О. Козлова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)424-27-89

e-mail: kk.csysha@gmail.com

Voronezh State

Technical University

Assistant Professor at the Department of
Innovation and Structural Physics named after
Professor I.S. D.V. Sysoeva

Russia, Voronezh, tel.: +7 (910)040-58-61

e-mail: psareva.darja@yandex.ru

Senior Lecturer at the Department of
Innovation and Construction Physics named
after Professor I.S. Surovtseva A.V. Botienko

Russia, Voronezh, tel.: +7(961)186-97-21

e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru

Student of the Department of Innovation and
Structural Physics named after Professor I.S.
Surovtseva K.O. Kozlova

Russia, Voronezh, tel.: + 7(920)424-27-89

e-mail: kk.csysha@gmail.com

Д.В. Сысоева, А.В. Ботиенко, К.О. Козлова

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Аннотация: В данной статье рассматриваются ключевые вызовы современной нефтяной отрасли, откуда вытекает актуальность внедрения искусственного интеллекта для оптимизации таких рабочих процессов, как разведка и поиск месторождений, оптимизация бурения, управление добычей, транспортировка и логистика, экология и безопасность. Искусственный интеллект способствует оптимизации процессов бурения и добычи, помогая находить наиболее экономически эффективные маршруты и технологии. Все это в совокупности делает использование машинного обучения в нефтедобыче эффективным инструментом для рационального использования природных ресурсов и минимизации воздействия на окружающую среду. Рассмотрена роль ИИ на каждом этапе работ, а также основные преимущества и вызовы использования ИИ. В статье представлены перспективные решения для минимизации недостатков использования ИИ: технологические подходы, организационные меры, а также регуляторные инициативы. В качестве примера эффективного использования ИИ в нефтедобыче представлены результаты ведущих компаний отрасли: Schlumberger, Shell и Gazprom Neft. В заключение были рассмотрены ключевые направления технического развития отрасли в целом и использования в ней ИИ, в частности, а также представлена обобщенная стратегия внедрения ИИ в отрасль.

Ключевые слова: искусственный интеллект, ИИ, нефтяная отрасль, добыча нефти, нефтедобыча, нефть, машинное обучение, большие данные, геологические данные, предсказание месторождений, системы мониторинга, безопасность операций, автоматизация, оптимизация логистики.

D. V. Sysoeva, A. V. Botienko, K. O. Kozlova

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE OIL PRODUCTION INDUSTRY

Abstract: This article discusses the key challenges of the modern oil industry, which determines the relevance of implementing artificial intelligence to optimize such work processes as

exploration and prospecting, drilling optimization, production management, transportation and logistics, ecology and safety. Artificial intelligence helps optimize drilling and production processes, helping to find the most cost-effective routes and technologies. All this together makes the use of machine learning in oil production an effective tool for the rational use of natural resources and minimizing the impact on the environment. The role of AI at each stage of work, as well as the main advantages and challenges of using AI are considered. The article presents promising solutions for minimizing the disadvantages of using AI: technological approaches, organizational measures, and regulatory initiatives. As an example of the effective use of AI in oil production, the results of leading companies in the industry are presented: Schlumberger, Shell and Gazprom Neft. In conclusion, the key areas of technical development of the industry as a whole and the use of AI in it in particular were considered, and a general strategy for the implementation of AI in the industry was presented.

Keywords: artificial intelligence, AI, oil industry, oil production, oil production, oil, machine learning, big data, geological data, field prediction, monitoring systems, operational safety, automation, logistics optimization.

Современная нефтяная отрасль сталкивается с рядом вызовов, включая необходимость повышения эффективности добычи, сокращения затрат и соблюдения экологических стандартов (рис. 1). В условиях ограниченности ресурсов и растущей конкуренции компании ищут новые подходы к оптимизации рабочих процессов. Искусственный интеллект (ИИ) становится одним из ключевых инструментов в этой трансформации.



Рис. 1. Ключевые вызовы современной нефтедобычи [1]

С помощью машинного обучения ИИ способен анализировать сложные геологические данные, прогнозировать поведение пластов и оптимизировать операционные процессы в реальном времени. Это снижает риски, повышает точность принятия решений и позволяет более эффективно управлять ресурсами.

Также достаточно важным аспектом внедрения ИИ в нефтяную отрасль является стремление к устойчивому развитию. Современные технологии позволяют не только улучшить экономические показатели, но и активно уменьшать углеродный след, что делает использование искусственного интеллекта не только выгодным, но и социально ответственным выбором для компаний [2]. Таким образом, исследование роли ИИ в будущих технологиях добычи нефти имеет большое значение как для удовлетворения потребностей рынка, так и для обеспечения устойчивости и безопасности в этой ключевой отрасли.

Когда речь идет о процессе добычи нефти, ИИ способен оптимизировать его на всех этапах. Рассмотрим ключевые этапы до добычи нефти на рис.2.

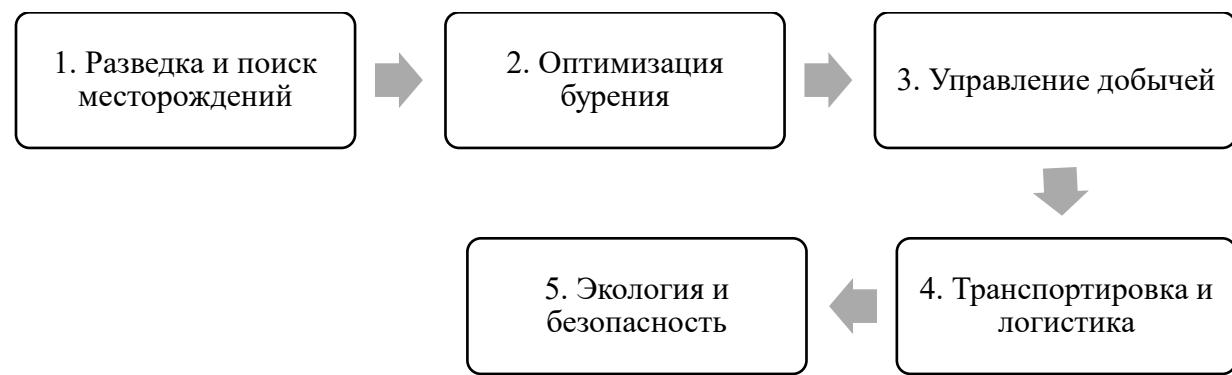


Рис. 2. Процесс добычи нефти с помощью искусственного интеллекта

Добыча нефти с использованием искусственного интеллекта (ИИ) становится все более распространенной, так как технологии машинного обучения и анализа данных позволяют оптимизировать процессы разведки, бурения и добычи (табл.1) [3].

Таблица 1

Этапы добычи нефти с помощью искусственного интеллекта

№ этапа	Этап	Условия	Роль искусственного интеллекта
1.	Разведка и поиск месторождений	Анализ сейсмических данных	Ускоряет обработку данных, выделяя перспективные участки
		Прогнозирование запасов	Алгоритмы предсказывают объемы нефти и газа на основе геологических данных
		Автоматизация интерпретации данных	Снижает человеческие ошибки при анализе скважинных и сейсмических исследований
2.	Оптимизация бурения	Автономное бурение	Управляет буровыми установками, минимизируя отклонения и аварии
		Прогнозирование осложнений	Алгоритмы предупреждают о рисках (например, обрушение стенок скважины или газовые выбросы)
		Динамическое планирование	Корректирует траекторию бурения в реальном времени на основе данных с датчиков
3.	Управление добычей	Прогноз дебита скважин	Предсказывает объемы добычи и оптимизирует режимы работы
		Предотвращение отказов оборудования	Предиктивная аналитика выявляет износ насосов и труб до поломки
		Цифровые двойники	Виртуальные модели месторождений помогают тестировать сценарии добычи без риска для реальной инфраструктуры
4.	Транспортировка и логистика	Мониторинг трубопроводов	Анализирует данные с датчиков для обнаружения утечек и коррозии
		Оптимизация логистики	Алгоритмы планируют маршруты перевозки нефти с учетом погоды, спроса и стоимости
5.	Экология и безопасность	Снижение выбросов	Помогает минимизировать углеродный след при добыче
		Анализ рисков	Нейросети оценивают вероятность аварий и предлагают меры профилактики

Внедрение искусственного интеллекта в сферу добычи нефти связано с несколькими вызовами.

Во-первых, это необходимость интеграции новых технологий с устаревшими системами, которые все еще широко используются в этой отрасли. Часто такие системы не поддерживают современные алгоритмы или требуют значительных усилий для модификации.

Во-вторых, существует проблема качества данных. Многие операции в нефтедобывающей сфере генерируют большие объемы данных, но они могут быть «шумными» или неполными, что затрудняет использование методов машинного обучения [4]. Необходима предварительная обработка и очистка данных, что требует времени и ресурсов.

Третьим вызовом является необходимость в высококвалифицированных специалистах, способных работать с ИИ и аналитикой данных. Дефицит таких кадров может ограничивать внедрение технологий и их эффективное использование.

Кроме того, стоит учитывать вопросы кибербезопасности. Поскольку внедрение ИИ часто связано с подключением к интернету и обменом данными, это увеличивает риски атак, что может привести к серьезным последствиям для безопасности операций [5].

Наконец, есть культурные и организационные барьеры. Сопротивление изменениям со стороны сотрудников и необходимость в обучении могут замедлить процесс внедрения инноваций. Преодоление этих вызовов требует комплексного подхода и четкой стратегии на всех уровнях управления.

Преимущества и прочие недостатки (вызовы) использования ИИ в данной отрасли представлены на рис. 3-4:



Рис. 3. Преимущества использования ИИ в нефтяной индустрии



Рис. 4. Вызовы использования ИИ

Подытожив выше представленные данные, составим следующую таблицу (табл. 2):

Таблица 2

Сравнительная таблица: преимущества vs риски

Критерий	Преимущества	Риски/Недостатки
Экономика	ROI до 300% за 5 лет	Капитальные затраты \$10M
Точность	Прогнозы с точностью 90%	Зависимость от качества данных
Безопасность	Снижение аварийности на 40%	Новые киберугрозы
Персонал	Освобождение от рутинных задач	Необходимость массовой переподготовки
Экология	Сокращение углеродного следа	Энергозатратные вычисления

Отсюда вытекают следующие перспективные решения для минимизации недостатков использования ИИ в нефтедобыче (рис. 5):

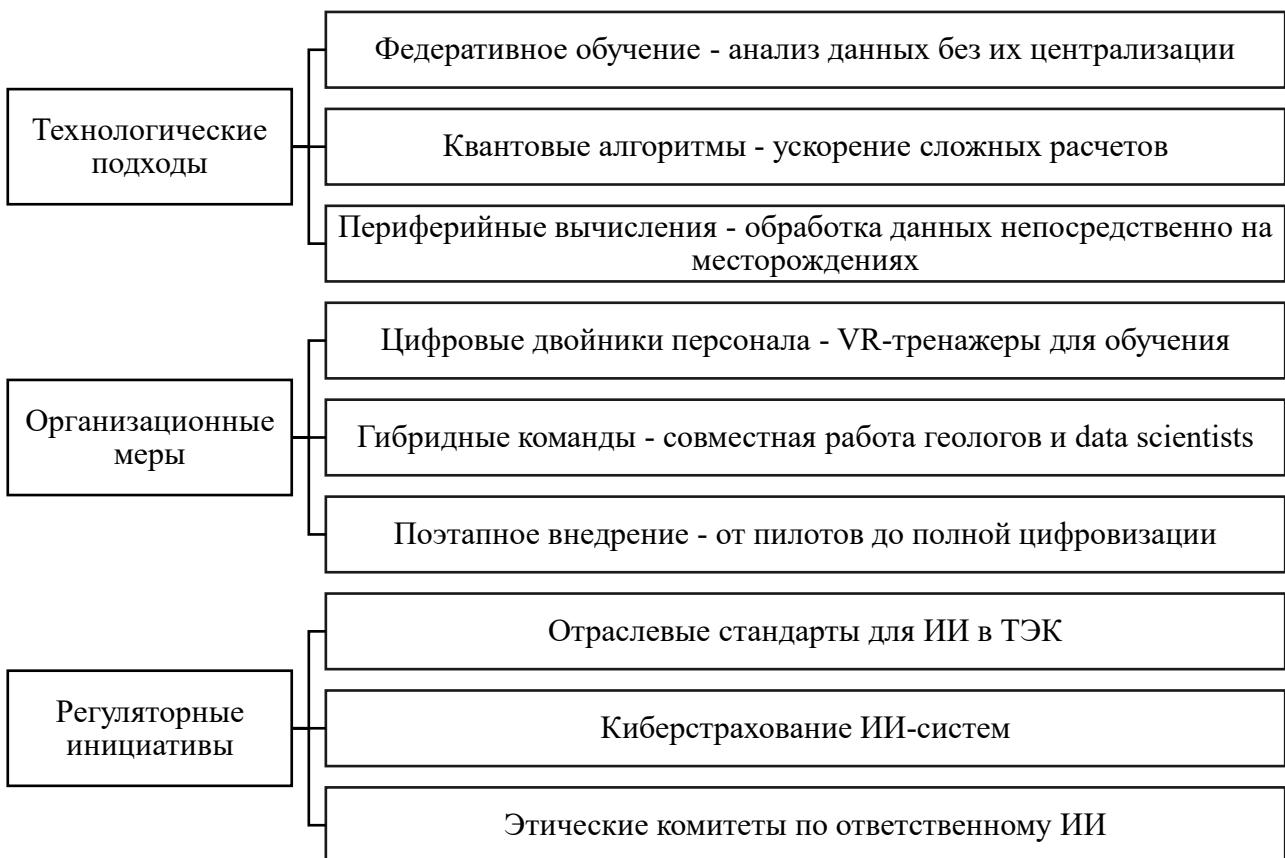


Рис. 5. Перспективные решения для минимизации недостатков

На данный момент ИИ уже трансформирует нефтегазовую отрасль, делая добычу более эффективной и безопасной. В будущем ожидается еще большее внедрение автономных систем на основе ИИ и роботизации [3].

Кроме того, безопасность сотрудников и окружающей среды становится приоритетом для большинства нефтяных компаний. ИИ помогает в этом направлении, предоставляя инструменты для анализа рисков. Умные системы могут отслеживать данные, связанные с состоянием трубопроводов и других инфраструктурных объектов, выявляя возможные утечки или аномалии. Это раннее обнаружение позволяет принять меры до того, как произойдут опасные инциденты, что в свою очередь обеспечивает безопасность работников и защищает природу.

Использование машинного обучения для анализа геологических данных с применением искусственного интеллекта открывает новые горизонты в геологоразведке и управлении ресурсами [6]. AI и машинное обучение позволяют обрабатывать большие объемы геологических, геофизических и других связанных данных, выявляя сложные закономерности и аномалии, что трудно сделать с помощью традиционных методов анализа.

Первым шагом в этом процессе является сбор и предобработка данных. Данные могут поступать из различных источников, таких как сейсмические исследования, данные о бурении, геохимические анализы и спутниковые снимки [6]. Применение алгоритмов предварительной обработки помогает очистить данные от шумов и привести их в удобный для анализа формат.

После подготовки данных машинное обучение может быть использовано для построения предсказательных моделей. Например, алгоритмы классификации могут помочь в определении вероятности нахождения месторождений полезных ископаемых в определенных регионах на основе исторических данных [4]. Регрессионные модели могут использоваться для оценки запасов и изменения характеристик месторождений с течением времени.

Кроме того, машинное обучение позволяет разрабатывать системы мониторинга, которые анализируют данные в реальном времени. Это позволяет не только осуществлять

контроль за состоянием оборудования, но и предсказывать потенциальные сбои или аварии, тем самым повышая безопасность производства.

Искусственный интеллект способствует оптимизации процессов бурения и добычи, помогая находить наиболее экономически эффективные маршруты и технологии. Все это в совокупности делает использование машинного обучения в нефтедобыче эффективным инструментом для рационального использования природных ресурсов и минимизации воздействия на окружающую среду.

В качестве примера эффективного использования ИИ в нефтедобыче рассмотрим результаты ведущих компаний отрасли (табл. 3):

Таблица 3

Результаты применения ИИ в нефтедобыче (кейсы крупных компаний)

Компания	Schlumberger 	Shell 	Gazprom Neft 
Технология / Система	<ul style="list-style-type: none"> Облачная платформа с ИИ-алгоритмами для разведки и добычи 	<ul style="list-style-type: none"> Машинное обучение для анализа SCADA-данных 	<ul style="list-style-type: none"> Цифровые двойники месторождений
Внедренные решения	<ul style="list-style-type: none"> Автоматическая корреляция геологических пластов; Оптимизация траекторий бурения с учетом рисков 	<ul style="list-style-type: none"> Градиентный бустинг (XGBoost) для прогноза износа оборудования; Нейросети LSTM для анализа временных рядов 	<ul style="list-style-type: none"> Цифровые двойники на базе ROXAR Tempest™; AI-модели для управления заводнением
Конкретные результаты	<ul style="list-style-type: none"> Интеграция данных геологоразведки, бурения и добычи в единую среду; Автоматическое обновление моделей месторождений 	<ul style="list-style-type: none"> Прогнозирование состояния оборудования; Оптимизация режимов работы насосов 	<ul style="list-style-type: none"> Визуализация работы всех скважин в реальном времени; Моделирование различных сценариев разработки
Эффективность	<ul style="list-style-type: none"> Сокращение времени интерпретации данных на 40%; Увеличение точности прогнозов на 25% 	<ul style="list-style-type: none"> Снижение количества аварийных остановок на 30%; Повышение добычи на 3-5% за счет оптимизации 	<ul style="list-style-type: none"> Уменьшение времени принятия решений на 50%; Рост нефтеотдачи на 4-7%

Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли, характеризующаяся активным внедрением технологий искусственного интеллекта (ИИ), открывает новые возможности для оптимизации процессов добычи полезных ископаемых. Анализ текущих разработок и пилотных проектов позволяет выделить три ключевых направления технологического развития [7].

Во-первых, концепция автономных скважин предполагает создание полностью автоматизированных систем добычи с непрерывным ИИ-управлением. Такие системы, основанные на алгоритмах машинного обучения и предиктивной аналитики, способны самостоятельно адаптировать параметры работы к изменяющимся условиям, минимизируя необходимость человеческого вмешательства.

Во-вторых, применение квантовых вычислений для обработки геолого-геофизических данных позволяет принципиально сократить время интерпретации сейсмических исследований. Квантовые алгоритмы, разрабатываемые IBM и Google в сотрудничестве с нефтесервисными компаниями, обеспечивают экспоненциальное ускорение сложных вычислений, что особенно актуально для анализа больших массивов 3D-сейсмики [8].

В-третьих, роботизированные системы мониторинга, включая автономные подводные аппараты и дроны с компьютерным зрением, создают новую парадигму контроля инфраструктуры. Эти решения, оснащенные алгоритмами глубокого обучения, способны выявлять дефекты оборудования с точностью до 98%, что подтверждается результатами внедрения на месторождениях Норвежского шельфа [3, 9].

Для успешной реализации этих технологических направлений необходима комплексная стратегия внедрения, включающая:

1. Поэтапный подход, предусматривающий первоначальную автоматизацию отдельных процессов (мониторинг параметров скважин, прогнозный ремонт) с последующим расширением функционала. Такой метод позволяет минимизировать риски и постепенно адаптировать производственные системы.
2. Принцип интеграции, предполагающий гармоничное сочетание ИИ-решений с традиционными методами нефтедобычи. Особое внимание следует уделить созданию интерфейсов взаимодействия между новыми и традиционными (устаревшими) системами.
3. Многоуровневую систему кибербезопасности, учитывающую повышенные риски цифровых решений. Это включает как защиту данных, так и резервирование критически важных функций управления.
4. Программы подготовки «цифровых нефтяников» - специалистов нового типа, сочетающих отраслевые знания с компетенциями в области анализа данных. Ведущие технические университеты уже разрабатывают соответствующие образовательные программы по запросу нефтегазовых компаний.

В заключение следует отметить, что искусственный интеллект становится критически важным элементом современного подхода к добыче нефти. Его внедрение позволяет значительно повысить эффективность и безопасность операций, а также оптимизировать процессы, что, в свою очередь, ведет к снижению затрат. По данным различных аналитических агентств, около 60% крупных нефтяных компаний уже начали внедрение решений на основе ИИ [10]. Ожидается, что рынок ИИ в нефтегазовой отрасли вырастет, и в следующем десятилетии его объем может достичь нескольких миллиардов долларов, что говорит о растущем интересе к таким технологиям. Стремление адаптироваться к изменениям и использовать преимущества цифровизации станет определяющим фактором для успешного будущего и конкурентоспособности компаний в этом динамичном и экономически важном сегменте.

Библиографический список

1. Завьялов К.Д. Искусственный интеллект для нефтегазовой отрасли / К.Д. Завьялов // Нефтегаз. - 2024. - № 10. - С. 10-13.
2. Марданов Р. Как искусственный интеллект влияет на нефтегазовую отрасль / Р. Марданов // РБК – Интернет-ресурс: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/67bed8129a7947a7ac9b1594?from=copy>

3. Как искусственный интеллект влияет на нефтегазовую отрасль // Национальная Ассоциация Участников Рынка Робототехники (НАУРР) - отраслевой союз компаний робототехники – Интернет-ресурс: <https://robotunion.ru/glavnaya/tpost/4okbuzyze1-kak-iskusstvennyi-intellekt-vliyaet-na-n>
4. Лебедев И.Г. Технологии больших данных и искусственный интеллект в нефтедобыче / И.Г. Лебедев - Екатеринбург: Уральский университет, 2023 - 50 с.
5. Абдрахманова Г.И. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты / Г.И. Абдрахманова. - М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2021 - 239 с.
6. Никифоров В.А. Будущее применения AI в геологоразведке и добыче нефти / В.А. Никифоров // Журнал нефтяной науки. - 2024. - № 15. - С. 34-36.
7. Торопыгин А. Искусственный интеллект находит применение в нефтегазовой отрасли: основные направления и примеры от Роснефти / А. Торопыгин // Технологии, инжиниринг, инновации – Интернет-ресурс: <https://integral-russia.ru/2023/09/05/iskusstvennyj-intellekt-nahodit-primenenie-v-neftegazovoj-otrasli-obshchie-napravleniya-i-primery-ot-rosnefti/>
8. Крысанов Д. ИИ в нефтяной индустрии: как технологии меняют геологоразведку и добычу / Д. Крысанов // РБК – Интернет-ресурс: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/678f9f5f9a79477d9725513e?from=copy>
9. Вронская С.И. Умные скважины: как искусственный интеллект «качет» нефтегазовую отрасль / С.И. Вронская // vc.ru – Интернет-ресурс: <https://vc.ru/future/155017-umnye-skvazhiny-kak-iskusstvennyi-intellekt-kachaet-neftegazovuyu-otrasl>
10. Васильев И.В. Будущее добычи нефти и газа: как искусственный интеллект меняет отрасль / И.В. Васильев // Дзен – Интернет-ресурс: <https://dzen.ru/a/ZyUaZMDpFi-BIBny>
11. Ботиенко А.В., Кузнецов М.А., Сергеева С.И. Анализ разновидностей искусственного интеллекта и перспектив его развития / А.В. Ботиенко, М.А. Кузнецов, С.И. Сергеева // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия, 2024. - Т. 21. - № 7. - С. 52-57.
12. Тупикин Д.Д., Реушенко А.А., Ботиенко А.В. Анализ возможностей виртуальной реальности / Д.Д. Тупикин, А.А. Реушенко, А.В. Ботиенко // Инновации, технологии и бизнес. - 2024. - № 1 (15). - С. 81-86.
13. Ендовицкая А.А., Ботиенко А.В. Искусственный интеллект, выраженный голосовыми помощниками // А.А. Ендовицкая, А.В. Ботиенко // Инновации, технологии и бизнес. - 2022. - № 1 (11). - С. 21-26.

References

1. Zavyalov K.D. Artificial Intelligence for the Oil and Gas Industry / K.D. Zavyalov // Neftegaz. - 2024. - No. 10. - Pp. 10-13.
2. Mardanov R. How Artificial Intelligence Impacts the Oil and Gas Industry / R. Mardanov // RBC – Internet resource: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/67bed8129a7947a7ac9b1594?from=copy>
3. How Artificial Intelligence Impacts the Oil and Gas Industry // National Association of Robotics Market Participants (NAURR) - an industry union of robotics companies - Internet resource: <https://robotunion.ru/glavnaya/tpost/4okbuzyze1-kak-iskusstvennyi-intellekt-vliyaet-na-n>
4. Lebedev I.G. Big Data Technologies and Artificial Intelligence in Oil Production / I.G. Lebedev - Yekaterinburg: Ural University, 2023 - 50 p.
5. Abdrikhmanova G.I. Digital Transformation of Industries: Starting Conditions and Priorities / G.I. Abdrikhmanova. - Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2021 - 239 p.
6. Nikiforov V.A. The Future of AI Applications in Oil Exploration and Production / V.A. Nikiforov // Journal of Petroleum Science. - 2024. - No. 15. - pp. 34-36.

7. Toropygin A. Artificial Intelligence Finds Application in the Oil and Gas Industry: Main Directions and Examples from Rosneft / A. Toropygin // Technologies, Engineering, Innovations - Internet resource: <https://integral-russia.ru/2023/09/05/iskusstvennyj-intellekt-nahodit-primenenie-v-neftegazovoj-otrasli-obshchie-napravleniya-i-primery-ot-rosnefti/>
8. Krysanov D. AI in the Oil Industry: How Technologies Are Changing Geological Exploration and Production / D. Krysanov // RBC - Internet resource: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/678f9f5f9a79477d9725513e?from=copy>
9. Vronskaya S.I. Smart Wells: How Artificial Intelligence is "Pumping Up" the Oil and Gas Industry / S.I. Vronskaya // vc.ru - Internet resource: <https://vc.ru/future/155017-umnye-skvazhiny-kak-iskusstvennyi-intellekt-kachaet-neftegazovuyu-otrasl>
10. Vasiliev I.V. The Future of Oil and Gas Production: How Artificial Intelligence is Changing the Industry / I.V. Vasiliev // Zen - Internet resource: <https://dzen.ru/a/ZyUaZMDpFi-BIBny>
11. Botienko A.V., Kuznetsov M.A., Sergeeva S.I. Analysis of Artificial Intelligence Types and Its Development Prospects / A.V. Botienko, M.A. Kuznetsov, S.I. Sergeeva // FES: Finance. Economics. Strategy. 2024. - Vol. 21. - No. 7. - P. 52-57.
12. Tupikin D.D., Reushenko A.A., Botienko A.V. Analysis of virtual reality capabilities / D.D. Tupikin, A.A. Reushenko, A.V. Botienko // Innovations, Technologies and Business. - 2024. - No. 1 (15). - P. 81-86.
13. Endovitskaya A.A., Botienko A.V. Artificial intelligence expressed by voice assistants // A.A. Endovitskaya, A.V. Botienko // Innovations, Technologies and Business. - 2022. - No. 1 (11). - P. 21-26.

УДК 65.290.31

Воронежский государственный

технический университет

Студентка кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора

И.С. Суровцева

Ю.В. Харыбина

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(904)094-09-49

e-mail: Kharybina@mail.ru

Voronezh State

Technical University

Student, Department of Innovation and
Construction Physics named after

Professor I.S. Surovtsev

Yu.V. Kharybina

Russia, Voronezh, Tel.: +7(904)094-09-49

E-mail: Kharybina@mail.ru

Ю.В. Харыбина

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ В ПОВЫШЕНИИ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Аннотация: В данной статье рассматривается роль государственной поддержки в стимулировании инновационной деятельности малых и средних предприятий (МСП). Подчеркивается значимость МСП как драйвера экономического роста и инноваций, а также анализируются проблемы, сдерживающие их инновационную активность. В исследовании анализируются различные формы государственной поддержки, такие как финансовая помощь (гранты, субсидии, льготные кредиты), налоговые льготы, инфраструктурная поддержка, а также содействие в доступе к информации и технологиям. Оценивается эффективность применяемых мер государственной поддержки в контексте повышения инновационной активности МСП и выявляются факторы, влияющие на ее успешность.

Ключевые слова: малый бизнес, инновационная активность, государственная поддержка.

Yu. V. Kharybina

THE ROLE OF GOVERNMENT SUPPORT IN INCREASING INNOVATION ACTIVITY OF SMALL AND MEDIUM BUSINESSES

Abstract: This article examines the role of government support in stimulating innovation among small and medium-sized enterprises (SMEs). It emphasizes the importance of SMEs as drivers of economic growth and innovation and analyzes the challenges that hinder their innovation. The study examines various forms of government support, including financial assistance (grants, subsidies, and preferential loans), tax incentives, infrastructure support, and assistance with access to information and technology. It evaluates the effectiveness of current government support measures in enhancing SME innovation and identifies the factors that influence its success.

Keywords: small business, innovation, government support.

В современных экономических условиях очевидно, что ключевым фактором развития любого предприятия и экономики в целом становятся инновации. Их внедрение оказывает существенное влияние на рост технического уровня и эффективности производства, повышение качества и конкурентоспособности продукции, что в конечном итоге обеспечивает устойчивый экономический рост и безопасность страны.

Для достижения стратегических целей дальнейшего инновационного развития России и эффективной реализации политики импортозамещения особую актуальность приобретают вопросы формирования устойчивых конкурентных преимуществ хозяйствующих субъектов путем стимулирования их инновационной активности. Повышение инновационной активности предпринимательских структур способствует росту уровня жизни населения,

социально-экономическому развитию регионов и является основой экономического роста России.

Государственная поддержка малого бизнеса является одним из приоритетных направлений экономической политики страны. Осознавая ключевую роль малого и среднего предпринимательства (МСП) в развитии рыночной экономики, власти активно разрабатывают и внедряют различные федеральные программы финансовой помощи этому сектору. Главная задача государственной политики в этой сфере заключается в формировании благоприятной среды для развития малого бизнеса. Это включает создание оптимальных экономических механизмов, совершенствование правовой базы и выработку эффективной политической стратегии. Дополнительные приоритеты государственной поддержки направлены на усиление социальной значимости малых предприятий и расширение возможностей трудоустройства населения через развитие сектора МСП.

Текущие показатели сектора демонстрируют внушительные цифры. Согласно данным Единого реестра субъектов МСП на 1 сентября 2025 года, в России функционирует более 6,5 миллиона предприятий МСП, обеспечивающих рабочими местами свыше 15 миллионов человек. При этом наблюдается неравномерное распределение субъектов МСП по регионам страны, что создаёт определённые диспропорции в развитии предпринимательства на региональном уровне (на рис. 1 изображено количество МСП на территории РФ).



Рис. 1. Количество малых и средних предприятий на территории РФ

Малый и средний бизнес является важным субъектом инновационной деятельности, который способен оказать большое влияние на развитие производства в различных областях нашей страны. Он становится основным источником нововведений, генератором новых идей и тем самым создает предпосылки для инновационного развития экономики. В России потенциал инновационного предпринимательства, к сожалению, не развит должным образом. Масштабы этого предпринимательства несравненно малы. Такая ситуация в основном обусловлена высоким уровнем коммерческого риска инвестиций в инновации. Кроме того, имеется ряд факторов, которые препятствуют развитию инноваций.

Располагая достаточными финансовыми средствами, крупные компании имеют больше возможностей для модернизации производства с использованием новых технологий по сравнению с малым и средним бизнесом. Однако, в скорости и эффективности внедрения инноваций и их последующего продвижения на рынок, крупные компании уступают небольшим высокотехнологичным предприятиям.

Таким образом, малые компании выполняют роль исследователей и создателей новой продукции, открывая новые рынки, в то время как крупный бизнес сохраняет свою функцию организатора массового производства и быстрого насыщения рынка новыми продуктами.

В условиях неопределенности в достижении коммерческого успеха для инновационных проектов с высокими финансовыми затратами частные компании предпочитают оценивать текущий спрос и предложение, а не будущие перспективы. Поэтому важной задачей государственных органов должно стать создание системы поддержки инновационного бизнеса. Поскольку малый инновационный бизнес является ключевым элементом национальной инновационной системы, его развитие становится основным приоритетом экономической политики государства.

Малое инновационное предпринимательство в России сможет эффективно и быстро развиваться только при условии проведения целенаправленной и последовательной инновационной политики государства и активной поддержке бизнеса.

В процессе исторического развития подходов к поддержке предпринимательства и инноваций выделяют два основных способа, различающихся по своей сути: административные (прямые) и экономические (косвенные) методы. Основное различие между ними заключается в методах воздействия на управляемый объект, а их соотношение зависит от экономической обстановки в стране и принятой концепции государственного регулирования. Прямые методы государственного воздействия включают в себя установление законов о государственной поддержке, контроль, надзор, защиту прав интеллектуальной собственности, меры по обеспечению прозрачности и другие. В условиях рыночной экономики прямые методы основываются на правовой базе, и регулирование инновационной деятельности является прерогативой государства.

Один из способов прямого воздействия — это прямая поддержка, ориентированная на конкретный проект, в форме целевого, предметно-ориентированного или проблемно-направленного финансирования. Финансовые средства могут быть предоставлены предприятиям на различных этапах инновационной деятельности, но особенно они важны на начальных этапах из-за высокой степени неопределенности результатов, сложности оценки экономической эффективности инвестиций в инновации и высокой капиталоемкости начала инновационного процесса.

Финансирование новаторских идей с помощью специальных программ — один из наиболее распространенных способов поддержки инноваций. На российском рынке существует множество проектов, которые не могут получить достаточное финансирование из частных источников из-за высоких рисков. Национальная инновационная система (НИС), формирующаяся в России, ориентирована на поддержку проектов, которые являются стратегически важными для страны, технологически сложными и перспективными с точки зрения экономического развития.

Косвенные методы воздействия государства на инновационную сферу экономики направлены на создание общественных условий для развития инноваций, а не на индивидуальные стимулы. Главная цель таких методов — поощрение инновационных процессов и формирование благоприятной среды для научно-технического прогресса.

Сюда относятся различные меры, такие как налоговые льготы, государственные гарантии, снижение таможенных пошлин, амортизационная политика, научно-техническое сотрудничество, регулирование экспортного и импортного контроля передачи технологий и другие.

Косвенные методы эффективнее, так как учитывают мотивацию в производстве и имеют свои преимущества. Во-первых, они обеспечивают автономию реального сектора экономики и заставляют бизнес быть ответственным за выбор научных направлений. Во-вторых, они способствуют единообразному стимулированию инноваций в различных отраслях. В-третьих, они уменьшают бюрократические процедуры. В-четвертых, они не создают искусственный рынок инноваций, который часто нерационален с экономической точки зрения [1].

Помимо финансирования, выдачи денежных субсидий или грантов, существуют различные способы поддержки малого бизнеса. Например, это могут быть программы обучения и стажировок для начинающих предпринимателей, бесплатное бухгалтерское и юридическое обслуживание для малого и среднего бизнеса, льготная аренда помещений и многое другое. В России поддержку малого бизнеса предоставляют как государственные, так и частные организации. Однако каждый предприниматель имеет возможность воспользоваться бесплатной помощью. Например, в 2015 году открытие бизнеса в регионах поддерживали Фонды поддержки малого и среднего предпринимательства (государственные или муниципальные), службы занятости, инвестиционные и гарантийные фонды, бизнес-школы, технопарки и другие учреждения.

Прогрессивная инновационная экономика способна обеспечить господство страны на мировой арене экономики. Российская Федерация находится на пути к созданию инновационной экономики. Для этого все регионы страны активно участвуют в развитии инновационной сферы. Инновации представляют собой не просто новшество, а значительное улучшение эффективности текущей системы.

Государству следует поддерживать малый бизнес на региональном и местном уровнях, внедрять широкое использование налоговых льгот, устранять административные препятствия, предоставлять консультационные и информационные услуги. В некоторых странах создаются специальные фонды для инвестирования в основные средства и поддержки малого бизнеса.

Необходимо отметить, что планы по поддержке малого бизнеса в России на данный момент имеют общий, не конкретизированный характер. Например, они не учитывают различия в социально-организационной среде среди малых предприятий. Кроме того, существующие меры государственного регулирования деятельности малых предприятий противоречивы. Например, продление льгот по налогу на прибыль сопровождается повышением как федеральных, так и местных налогов, а введение упрощенной системы налогообложения для микропредприятий сочетается с отменой налоговых льгот для малого бизнеса [3].

Государственная поддержка должна создавать экономические и правовые условия, способствующие развитию и конкурентоспособности малых предприятий с учетом их специфики в различных областях, регионах, национальных особенностях, историческом контексте и традициях, а также зарубежном опыте. При этом меры по поддержке малого бизнеса, принимаемые на всех уровнях власти, должны взаимно дополнять друг друга, а не повторяться [4].

Мелкие компании могут стать основой экономических структур в различных отраслях, способствуя притоку инвестиций в области с наиболее эффективным использованием ресурсов, что объединяет процессы структурной политики и формирование рынка. Поэтому развитие малого бизнеса представляет собой наиболее доступный путь к рынку, заложив основы экономического роста с сохранением ресурсов в любой стране.

Фактически, на протяжении многих лет малый бизнес оставался единственным сектором экономики, обеспечивающим отдачу инвестиций и эффективное использование ресурсов.

Поддержка малого инновационного предпринимательства является одним из наиболее эффективных способов социально-экономического развития страны, а инновации, сами по себе, являются ключевым инструментом достижения экономической стабильности, осуществления структурных преобразований в экономике, содействия техническому прогрессу, повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого экономического роста России.

Развитие приоритетных направлений инновационной деятельности, разработка и внедрение мер, направленных на сохранение научно-технического потенциала, его развитие и поддержку, становится необходимостью для современной рыночной экономики, поскольку

это позволит поднять страну на новый уровень и укрепить позиции России на мировой арене.

Библиографический список

1. Батталова, Л.М. Государственно-правовые механизмы как неотъемлемый фактор развития предприятий малого и среднего бизнеса / Л.М. Батталова // Образование и право. — 2023. — № 2. — С. 184–190. — DOI 10.24412/2076-1503-2023-2-184- 190.
2. Бухвальд, Е.М. Нужна ли российскому малому бизнесу новая стратегия? / Е.М. Бухвальд, О.Н. Валентик // Региональная экономика. Юг России. — 2020. — Т. 8, № 3. — С. 4–14. — DOI 10.15688/re.volsu.2020.3.1.
3. Джадарова, С.С. Состояние и перспективы финансовой поддержки малого и среднего предпринимательства в России / С.С. Джадарова, Ф.И. Ниналалова, М.И. Маллаева // Индустриальная экономика. — 2022. — № 2-1. — С. 28–32. — DOI 10.47576/2712-7559_2022_2_1_28.
4. Феоктистов, А.В. Правовое обеспечение деятельности малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации / А.В. Феоктистов, Т.Н. Чуворкина // Нива Поволжья. — 2016. — № 3(40). — С. 129–135.

References

1. Battalova, L.M. State-legal mechanisms as an integral factor in the development of small and medium-sized businesses / L.M. Battalova // Education and Law. — 2023. — No. 2. — pp. 184-190. — DOI 10.24412/2076-1503-2023-2-184- 190.
2. Buchwald, E.M. Does Russian small business need a new strategy? / E.M. Buchwald, O.N. Valentik // Regional Economics. The South of Russia. - 2020. — Vol. 8, No. 3. — pp. 4-14. — DOI 10.15688/re.volsu.2020.3.1.
3. Feoktistov, A.V. Legal support for the activities of small and medium-sized enterprises in the Russian Federation / A.V. Feoktistov, T.N. Chuvorkina // Niva of the Volga region. — 2016. — № 3(40). — Pp. 129-135.
4. Jafarova, S.S. The state and prospects of financial support for small and medium-sized enterprises in Russia / S.S. Jafarova, F.I. Ninalalova, M.I. Mallaeva // Industrial economy. - 2022. — No. 2-1. — pp. 28-32. — DOI 10.47576/2712-7559_2022_2_1_28.

Научное издание

**ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ
И БИЗНЕС**

№ 2(18), 2025

Научный журнал

В авторской редакции

Дата выхода в свет 05.11.2025. Объем данных 2,69 Мб

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84