

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**

№ 1(19), 2026

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 – старш. пр. 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 наукоёмкости 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, Е.Ю. Изотова	
ИННОВАЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ДЕРМАТОКОСМЕТОЛОГИЮ.....	5
А.В. Ботиенко, М.А. Кузнецов, В.А. Русских	
МОСТ ЭЙНШТЕЙНА-РОЗЕНА.....	10
С.Н. Дьяконова, Д.В. Сысоева, Д.В. Сидорова	
ИННОВАЦИИ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ «КОНЦЕРН СОЗВЕЗДИЕ».....	17
С.Н. Дьяконова, И. В. Фатеева, М. А. Бердников, К. А. Чупахин	
СОЛНЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В БЫТОВОЙ СФЕРЕ.....	25
Э.И. Еникеев, Д.С. Михальков, М.А. Кузнецов	
КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛЬДОВ ТИТАНА: ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ, ПОЛУЧЕНИЕ ВОДЫ, КИСЛОРОДА И ИНЫХ ПОПУТНЫХ ПРОДУКТОВ.....	34
Э.И. Еникеев, А.В. Перепеченая	
ПРЕДЕЛЫ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗГОНА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДО ОКОЛОСВЕТОВЫХ СКОРОСТЕЙ.....	43
А.Е. Ещенко	
ОШИБКИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИИ В РАЗРАБОТКУ В ИГРОВОЙ ИНДУСТРИИ.....	49
Н.Н. Кудрявцева	
ИННОВАЦИОННЫЕ ДРАЙВЕРЫ РАЗВИТИЯ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ: ОТ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АВТОНОМИИ.....	58
Д.Е. Нестеров	

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИ НА РЕЗУЛЬТАТ ГЕНЕРАЦИИ ПРИ ФИКСИРОВАННОМ ПРОМТЕ.....	65
Д.С. Никитин	
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОВ, ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ ЛЮДЬМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ, В СФЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ.....	70
Д.С. Никитин, А.В. Ботиенко	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ТРУДОУСТРОЙСТВА ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ.....	78
И.А. Пальчиков	
МОДУЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	87
Е.А. Панкратова, А.В. Абрамов, К.О. Муразян	
АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТИВНОГО ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ТРАВЛЕНИЯ.....	93
М.И. Подольский	
ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: ОТ КОНЦЕПЦИИ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ.....	98
М.П. Степанова, Ю.В. Давыденко, Н.В. Щетинин	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ЦЕНОВАЯ ПОЛИТИКА РЫНКА МЕЛКОШТУЧНЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ПРИМЕРЕ БЛОКОВ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА.....	103
И.В. Фатеева, В.Е. Соболева	
СОЦИАЛЬНОЕ КАРТИРОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СМАРТ-РАЗВИТИЯ ГОРОДА.....	110

УДК 616.5

*Воронежский государственный
технический университет*

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

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. Суворцева*

Е.Ю. Изотова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(953)612-51-63

e-mail: lenkapenka297@mail.ru

*Voronezh State Technical
University*

*Senior lecturer of the Department of
Innovation and Building Physics
named after Professor I.S. Surovtsev*

N.Yu. Batekhova

Russia, Voronezh, ph.: +7(952)547-83-57

e-mail: nbateh@mail.ru

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

E.Yu. Izotova

Russia, Voronezh, ph.: +7(953)612-51-63

e-mail: lenkapenka297@mail.ru

Н.Ю. Батехова, Е.Ю. Изотова

ИННОВАЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ДЕРМАТОКОСМЕТОЛОГИЮ

Аннотация: Статья посвящена исследованию инновационных технологий и методов, применяемых в современной дерматокосметологии. Рассматривается эволюция применения инновационных технологий в диагностике кожного покрова, начиная с ранних методов и заканчивая современными достижениями. Особое внимание уделяется интеграции таких технологий в косметическую индустрию, в том числе на примере нескольких компаний. Анализируются новейшие достижения науки и техники, направленные на улучшение эстетического состояния кожи. Статья также описывает перспективы развития дерматокосметологии и направления дальнейших научных изысканий в области новых косметических процедур и устройств.

Ключевые слова: инновация, диагностика кожного покрова, инновационные технологии, искусственный интеллект, дерматокосметология, дерматоскопия, трихоскопия, косметическая индустрия, Geltek, Neutrogena, L'Oréal, Foreo, устройства для ухода за кожей.

N. Yu. Batekhova, E. Yu. Izotova

INNOVATIONS IN DIAGNOSTICS: A NEW LOOK AT DERMATOLOGY AND COSMETICS

Abstract: This article explores innovative technologies and methods used in modern dermatocosmetology. It examines the evolution of innovative technologies in skin diagnostics, from early methods to modern advances. Particular attention is paid to the integration of such technologies into the cosmetics industry, including case studies from several companies. The latest scientific and technological advances aimed at improving the aesthetic appearance of the skin are analyzed. The article also describes the prospects for the development of dermatocosmetology and future research directions in the field of new cosmetic procedures and devices.

Keywords: innovation, skin diagnostics, innovative technologies, artificial intelligence, dermatocosmetology, dermatoscopy, trichoscopy, cosmetic industry, Geltek, Neutrogena, L'Oréal, Foreo, skin care devices.

Здоровье и внешний вид кожи играют важную роль в жизни человека. Современная диагностика кожи вышла далеко за рамки визуального осмотра, благодаря внедрению инновационных технологий. Эти технологии позволяют более точно оценивать состояние кожного покрова, выявлять проблемы на ранних стадиях и разрабатывать персонализированные планы ухода.

Использование технологий в диагностике кожи началось с простых, но важных инструментов:

- Дерматоскопия: первые ручные дерматоскопы появились в начале XX века. Они позволяли врачам изучать структуру кожи под увеличением, что было особенно полезно для диагностики меланомы и других кожных новообразований.
- Компьютерная дерматоскопия: с развитием компьютерных технологий изображения, полученные с помощью дерматоскопа, стали анализироваться с помощью программного обеспечения. Это повысило точность диагностики и позволило хранить данные о состоянии кожи пациента для последующего сравнения.
- Трихоскопия: аналогично дерматоскопии, трихоскопия используется для диагностики заболеваний волос и кожи головы. С помощью трихоскопа можно выявлять признаки алопеции, себорейного дерматита и других проблем.

Современная дерматология активно внедряет новые подходы и передовые технологии для повышения точности и эффективности диагностического процесса. Сегодня в диагностике кожного покрова используются:

- Искусственный интеллект (ИИ): системы на основе ИИ способны анализировать изображения кожи и выявлять признаки заболеваний с высокой точностью. Некоторые приложения позволяют пользователям самостоятельно делать снимки кожи и получать предварительную оценку состояния.
- Биосенсоры и электронные устройства мониторинга состояния кожи: эти датчики встраиваются в умные часы, браслеты и даже одежду. Такие системы помогают пациентам самостоятельно контролировать своё здоровье и оперативно реагировать на тревожные сигналы организма. Позволяют отслеживать изменение pH уровня кожи, уровень увлажнённости, температуру и прочие показатели.
- Спектроскопия: этот метод позволяет анализировать состав кожи, определяя уровень увлажнённости, содержание коллагена и эластина.
- Микроскопия высокого разрешения: такие микроскопы позволяют увидеть структуру кожи на клеточном уровне, что полезно для диагностики редких заболеваний [1].

Большинство современных людей предпочитают обращаться не к медицинским специалистам, а в косметологические центры и салоны красоты, особенно если речь идет о незначительных проблемах с кожей. Это связано с распространением специализированных услуг в сфере эстетической дерматокосметологии, развитием рынка профессиональных косметических продуктов и популяризацией концепции превентивного ухода за внешним видом. Клиенты часто выбирают консультации опытных косметологов, визажистов и консультантов брендов косметики, поскольку считают их рекомендации доступнее и удобнее, чем посещение врача-косметолога или дерматолога. Такой подход позволяет оперативно решать легкие проблемы, поддерживать молодость и красоту кожи, минимально задействуя медицинские процедуры. Однако важно помнить, что серьезные заболевания требуют квалифицированной медицинской помощи и своевременного обращения к врачу. Давайте рассмотрим новинки именно в области эстетической косметологии, не затрагивая глубинные аспекты медицины.

Многие косметические компании активно используют инновационные технологии для улучшения качества продукции и предоставления персонализированных консультаций. Рассмотрим в статье примеры некоторых из них, например, компания «Geltek» является примером успешного внедрения технологий в косметической индустрии. В магазинах компании, а также онлайн, можно провести консультацию кожи с использованием специализированного оборудования (рис. 1). Этот процесс обычно включает в себя: анализ

кожи с помощью дерматоскопа, онлайн-консультации и персонализированный подбор продукции [3].

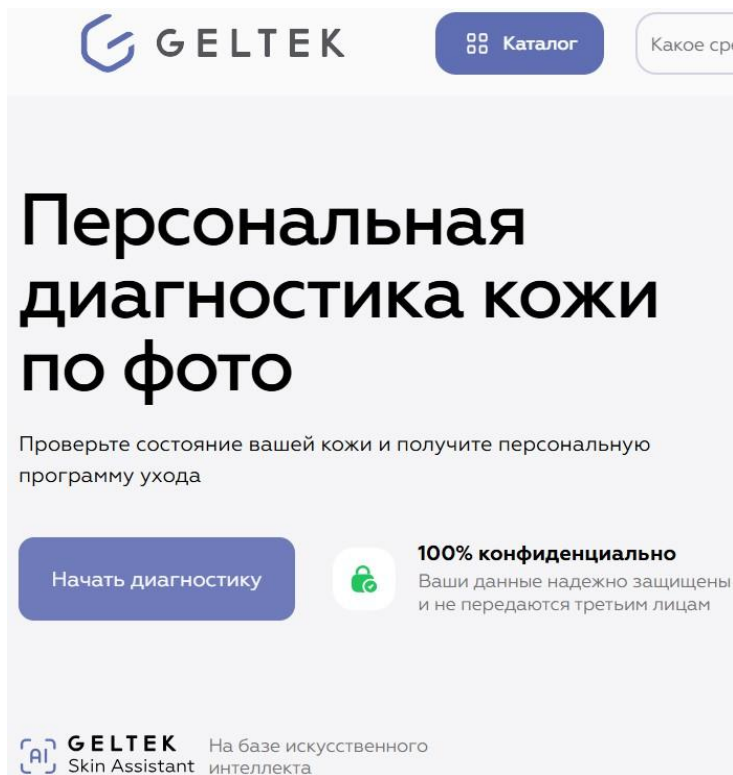


Рис.1. Диагностика кожи с помощью искусственного интеллекта

Помимо «Geltek», стоит отметить компанию «Neutrogena», которая разработала SkinScanner – устройство, представляющее собой накладку на iPhone и использующее ИИ для анализа увлажненности кожи, размера пор и морщин (рис. 2). Благодаря этому нововведению компания зафиксировала увеличение вовлеченности клиентов в онлайн-платформу на 40% и рост продаж персонализированных продуктов на 25% [4].



Рис.2. Устройство SkinScanner

Компания «L'Oréal» активно использует технологии дополненной реальности (AR) в своих онлайн-сервисах. Приложение ModiFace, разработанное L'Oréal, позволяет клиентам виртуально «примерить» различные косметические продукты и получить рекомендации по уходу за кожей, основанные на анализе селфи. По данным компании, использование AR-технологий увеличивает коэффициент конверсии в продажи на 20-30% [5].

Еще одним примером является компания «Fogeo», известная своими устройствами для ухода за кожей. Они интегрировали сенсоры в свои продукты, позволяющие анализировать состояние кожи и передавать данные в мобильное приложение. Приложение предлагает

пользователям персонализированные протоколы ухода за кожей, а также отслеживает прогресс и результативность (рис.3). Это обеспечило увеличение лояльности клиентов и рост повторных покупок на 35% [6].

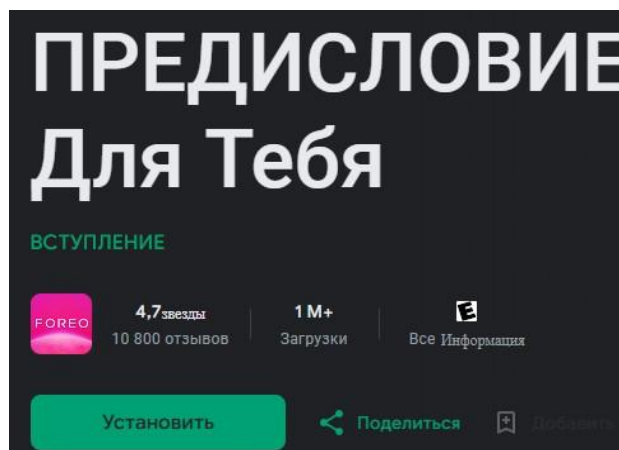


Рис.3. Приложение FOREO For You

Благодаря своевременной и грамотной диагностике можно подобрать персонализированные рекомендации для каждого человека. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения открывает возможности для разработки уникальных алгоритмов обработки данных, полученных при обследовании кожи. Анализируя огромное количество информации, компьютер способен выявить закономерности и предложить оптимальные варианты терапии.

Далее рассмотрим различные устройства для ухода за кожей, которые разрабатываются в инновационной сфере:

- Ультразвуковые скраберы, ставшие популярными благодаря своей способности мягко, но эффективно очищать кожу, используют высокочастотные вибрации для выталкивания загрязнений из пор и удаления омертвевших клеток.
- LED-маски (еще один прорыв в области косметических технологий) предлагают неинвазивный способ воздействия на кожу с помощью световой терапии. Разные цвета света воздействуют на различные слои кожи, стимулируя выработку коллагена (красный свет), успокаивая воспаления (синий свет) и осветляя пигментацию (зеленый свет). Используются для борьбы с акне, морщинами и для улучшения цвета лица.
- Микротоковые устройства, работающие на принципе стимуляции мышц лица, набирают популярность как альтернатива инъекционным методам омоложения. Слабые электрические импульсы тонизируют мышцы лица, подтягивая контур и уменьшая видимость морщин.
- Устройства для RF-лифтинга используют радиочастотную энергию для прогрева глубоких слоев кожи, стимулируя выработку коллагена и эластина – белков, отвечающих за упругость и эластичность кожи. Это приводит к подтяжке кожи, уменьшению морщин и улучшению общего тонуса [2].
- Умные зеркала с искусственным интеллектом способны анализировать состояние кожи, выявлять недостатки и рекомендовать подходящие средства ухода. Некоторые модели даже предлагают персонализированные программы лечения и советы по выбору косметики.
- 3D-сканирование - объёмная реконструкция поверхности кожи для анализа рельефа. Процедура позволяет получить точные данные о структуре, уровне увлажненности, наличии пигментации, глубине морщин и других важных параметрах.
- Компактные вакуумные массажеры увеличивают кровообращение, улучшают цвет лица и уменьшают отечность. Идеальны для быстрого утреннего массажа.
- Виртуальное моделирование и AR-технологии - цифровые симуляторы (например, AgeReverse и CosmoVR), помогают пациентам увидеть результат процедур ещё до их

начала, сравнить их и выбрать оптимальную стратегию.

Таким образом, инновационные технологии играют все более важную роль в диагностике и уходе за кожей. Они позволяют более точно оценивать состояние кожи, разрабатывать персонализированные планы ухода и предлагать эффективные решения для различных проблем. Не стоит забывать о необходимости соблюдения стандартов безопасности при использовании аппаратных, а особенно инъекционных технологий в косметологии. Выбор правильного пути должен осуществляться совместно врачом и пациентом, учитывая специфику каждой конкретной ситуации.

Развитие технологий продолжается, и в будущем нас ждет еще больше инновационных решений для поддержания здоровья и красоты кожи.

Библиографический список

1. Инновационные методы оценки структуры кожи [Электронный ресурс] – URL: <https://tomsk-kosmetolog.ru/news/innovatsionnye-metody-otsenki-struktury-kozhi>
2. Боулинг Д. Диагностическая дерматоскопия. Иллюстрированное руководство [Текст] / Д. Боулинг; Пер. с англ. – Москва: «Издательство Панфилова», 2025. – 336 с.
3. Профессиональная косметика Гельтек-Косметик [Электронный ресурс] – URL: <https://geltek.ru>
4. «Умный» сканер для вашей кожи [Электронный ресурс] – URL: <https://evercare.ru/skinscanner?ysclid=mi3i93hx3m299659423>
5. ModiFace – Augmented Reality [Электронный ресурс] – URL: <https://modiface.com/>
6. Приложение FOREO For You. Краткое руководство по приложению FOREO For You [Электронный ресурс] – URL: <https://modiface.com/>

References

1. Innovative methods of skin structure assessment [Electronic resource] – URL: <https://tomsk-kosmetolog.ru/news/innovatsionnye-metody-otsenki-struktury-kozhi>
2. Bowling D. Diagnostic dermatoscopy. Illustrated guide [Text] / D. Bowling; Translated from English – Moscow: Panfilov Publishing House, 2025. – 336 p.
3. Geltek-Cosmetics professional cosmetics [Electronic resource] – URL: <https://geltek.ru>
4. «Smart»" scanner for your skin [Electronic resource] – URL: <https://evercare.ru/skinscanner?ysclid=mi3i93hx3m299659423>
5. ModiFace – Augmented Reality [Electronic resource] – URL: <https://modiface.com/>
6. The FOREO For You app. A short guide to the FOREO For You application [Electronic resource] – URL: <https://modiface.com/>

УДК 524.882

*Воронежский государственный
технический университет
Старший преподаватель кафедры
инноватики и строительной физики имени
профессора И.С. Суворцева*

А.В. Ботиенко

*Россия, г. Воронеж, тел.: 8-961-186-97-21
e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru*

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суворцева*

М. А. Кузнецов

*Россия, г. Воронеж, тел.: 8-952-550-87-10
e-mail: maxkuz1006@yandex.ru*

МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ)

Студентка кафедры истории

В.А. Русских

*Россия, г. Москва, тел: 89803465668
e-mail: lera.russkix.05@mail.ru*

Voronezh State

Technical University

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

A.V. Botienko

*Russia, Voronezh, ph.: 8-961-186-97-21
e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru*

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

M. A. Kuznetsov

*Russia, Voronezh, ph.: 8-952-550-87-10
e-mail: maxkuz1006@yandex.ru*

MGUTU named after K.G. Razumovsky (MCU)

Student of the Department of History

V.A. Russkikh

*Russia, Moscow, ph: 89803465668
e-mail: lera.russkix.05@mail.ru*

А.В. Ботиенко, М.А. Кузнецов, В.А. Русских

МОСТ ЭЙНШТЕЙНА-РОЗЕНА

Аннотация: Статья посвящена теоретическому анализу моста Эйнштейна-Розена (червоточины) - гипотетической структуры пространства-времени, вытекающей из общей теории относительности. Авторы рассматривают историю возникновения концепции, начиная с работы Эйнштейна и Розена (1935) и введения термина «червоточина» Джоном Уилером. В работе подробно описано строение чёрной дыры (сингулярность, горизонт событий, эргосфера, аккреционный диск) и её математическое описание. Особое внимание уделяется гипотетической белой дыре как антиподу чёрной дыры - объекту, из которого материя может только выходить, но не может входить. На основе диаграммы Крускала-Секереша показана математическая симметрия между чёрной и белой дырами при обращении времени. Авторы анализируют аргументы «за» и «против» существования белых дыр: с одной стороны, симметрия уравнений ОТО и гипотеза о Большом взрыве как белой дыре; с другой - нарушение второго закона термодинамики, нестабильность и отсутствие наблюдательных подтверждений. Делается вывод, что, несмотря на теоретический статус червоточин и белых дыр, их полное отрицание научно необоснованно, а возможное будущее обнаружение подобных структур приведёт к технологическому скачку в области квантовой физики и астрофизики.

Ключевые слова: мост Эйнштейна-Розена, червоточина, чёрная дыра, белая дыра, общая теория относительности, пространство-время, сингулярность, горизонт событий, диаграмма Крускала-Секереша, экзотическая материя.

A.V. Botienko, M.A. Kuznetsov, V.A. Russkikh

THE EINSTEIN-ROSEN BRIDGE

Abstract: The article is devoted to the theoretical analysis of the Einstein-Rosen bridge (wormhole), a hypothetical structure of space-time resulting from the general theory of relativity. The authors consider the history of the concept, starting with the work of Einstein and Rosen (1935)

and the introduction of the term "wormhole" by John Wheeler. The paper describes in detail the structure of a black hole (singularity, event horizon, ergosphere, accretion disk) and its mathematical description. Special attention is paid to the hypothetical white hole as the antipode of a black hole, an object from which matter can only exit, but cannot enter. Based on the Kruskal-Szekeres diagram, the mathematical symmetry between black and white holes during time reversal is shown. The authors analyze the arguments for and against the existence of white holes: on the one hand, the symmetry of the equations of general relativity and the hypothesis of the Big Bang as a white hole; on the other, a violation of the second law of thermodynamics, instability, and lack of observational evidence. It is concluded that, despite the theoretical status of wormholes and white holes, their complete denial is scientifically unfounded, and the possible future detection of such structures will lead to a technological leap in the field of quantum physics and astrophysics.

Keywords: Einstein-Rosen bridge, wormhole, black hole, white hole, general theory of relativity, space-time, singularity, event horizon, Kruskal-Szekeres diagram, exotic matter.

С момента возникновения человеческой цивилизации освоение природных ресурсов, физических законов и природных явлений планеты Земля достигло значительных успехов. Однако при переходе к изучению макромира за пределами земной атмосферы становится очевидной безграничность Вселенной. С каждым новым шагом в освоении космического пространства выясняется, что наша планета занимает ничтожную долю - менее одной миллионной процента - от общей массы материи и объёма пространства во Вселенной. В ходе исследования космоса обнаружены уникальные астрофизические объекты: магнетары, квазары, туманности и другие. В настоящей работе основное внимание уделяется двум объектам - чёрной дыре и гипотетической белой дыре. Постараемся описать принципы их существования и их взаимосвязь.

Сам термин «мост Эйнштейна-Розена» появился в 1935 году в работе Альберта Эйнштейна и Натана Розена [1]. Учёные математически описали особую структуру пространства-времени, в которой две разные области могут быть связаны между собой неким туннелем. Это была одна из первых теоретических моделей того, что позже стали называть червоточинами.

Мост Эйнштейна-Розена (который также называют червоточиной) - это гипотетический объект в физике. Его можно представить как своеобразный туннель в пространстве-времени, который соединяет две удалённые точки Вселенной. Такая идея появилась в рамках общей теории относительности, разработанной Альбертом Эйнштейном [2].

Позднее, в середине 1950 годов, американский физик Джон Арчибальд Уилер ввёл более понятный и подходящий термин - «червоточина» [3]. Он объяснял эту идею с помощью простой метафоры: «Если представить Вселенную как поверхность яблока, то можно добраться из одной точки в другую, двигаясь по поверхности, но путь будет длинным. Однако червь может прогрызть туннель через яблоко и попасть в нужное место гораздо быстрее» [4] По аналогии червоточина в теории может соединять удалённые точки пространства-времени более коротким путём. Именно Джон Арчибальд Уилер также ввёл в научный оборот термин «чёрная дыра» [5].

Сама чёрная дыра нам поверхностно известна (относительно белой дыры), поэтому далее поговорим про неё. Чёрная дыра состоит из 4 основных частей [6]:

1. Сингулярность - самая середина чёрной дыры, то есть место, где масса остаётся константой, а материя сжимается до огромной плотности, которая стремится к бесконечности.
2. Горизонт события - поверхность, после пересечения которой возвращение назад становится невозможным. Этот радиус вокруг чёрной дыры называют радиусом Шварцшильда. Сам радиус рассчитывается по формуле 1:

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}, \quad (1)$$

Где:

G – гравитационная постоянная,

M – масса чёрной дыры,

c – скорость света,

3. Эргосфера (для вращающихся). Представляет собой область вокруг горизонта событий, которая вращается настолько быстро, что абсолютно любой объект в эргосфере не может оставаться неподвижным. Радиус эргосферы определяется формулой 2:

$$r_{\text{erg}} = \frac{GM}{c^2} + \sqrt{\left(\frac{GM}{c^2}\right)^2 - a^2 \cos^2 \theta}, \quad (2)$$

Где:

a – как быстро крутится дыра = $\frac{J}{M \times c}$ (J-момент вращения),

θ – угол.

4. Аккреционный диск – структура вещества, не являющаяся частью дыры, но почти всегда находящаяся возле неё. Представляет собой дискообразный вращающийся крайне горячий газ (более миллиона градусов Цельсия).

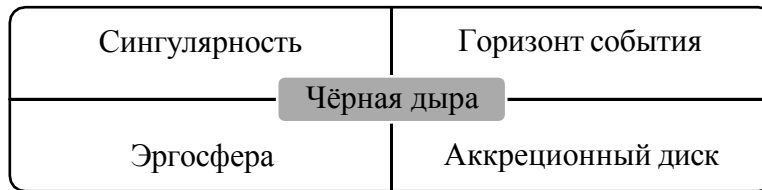


Рис.1. Элементы чёрной дыры

Идея червоточин напрямую связана с Общей теорией относительности. В этой теории гравитация объясняется не как обычная сила, а как искривление пространства-времени под действием массы и энергии [7]. Например, массивные объекты (звёзды, планеты и особенно чёрные дыры) могут сильно искривлять пространство вокруг себя. Из-за этого движение тел происходит по изогнутым траекториям.

Уравнения теории относительности допускают разные решения, описывающие возможные формы пространства-времени. Одним из таких решений и стала модель, предложенная Альбертом Эйнштейном и Натаном Розеном. В их работе пространство-время рассматривалось так, что чёрная дыра может быть связана с так называемой белой дырой.

Белая дыра представляет собой гипотетический астрофизический объект, рассматриваемый как антипод чёрной дыры. Если чёрная дыра характеризуется односторонним захватом материи, из которой она не может выйти (в классическом понимании - под действием гравитационного коллапса), то белая дыра, напротив, является источником истечения вещества, при этом проникновение материи внутрь такого объекта невозможно (вещество может только выходить, когда как попасть внутрь ничего не может).

Следует подчеркнуть, что существование белых дыр на сегодняшний день остаётся исключительно теоретической гипотезой. В наблюдаемой Вселенной подобные объекты не зафиксированы, а большинство моделей предсказывают их крайнюю нестабильность.

Кроме того, классический мост Эйнштейна-Розена, как правило, считается непроходимым. Даже если допустить принципиальную возможность существования подобного пространственно-временного туннеля, его структура оказывается нестабильной. Согласно расчётам, горловина червоточины должна коллапсировать (схлопнуться) настолько быстро, что ни свет, ни какие-либо материальные частицы не успевают её пересечь [8].

Чтобы червоточина могла оставаться открытой и быть проходимой, в теории требуется «экзотическая материя» - вещество с отрицательной плотностью энергии. Пока что подобная

материя в природе не обнаружена, поэтому существование проходимых червоточин остаётся под большим вопросом.

Помимо прочего, червоточины (пространственно-временные туннели) рассматриваются в контексте возможности путешествий во времени. При условии существования стабильных подобных структур они могли бы, согласно некоторым теоретическим моделям, соединять не только удалённые области пространства, но и различные временные моменты, что неизбежно порождает известные логические парадоксы (например, парадокс дедушки) [9, 10]. В связи с этим отдельные физики высказывают предположение, что фундаментальные законы природы могут накладывать запрет на существование подобных конфигураций. Данную идею, в частности, обсуждал С. Хокинг [8, 11].

В современной науке червоточины трактуются скорее как теоретическая конструкция, вытекающая из уравнений гравитации. Их изучение способствует исследованию границ применимости существующих физических теорий и углублению понимания структуры пространства, времени и эволюции Вселенной.

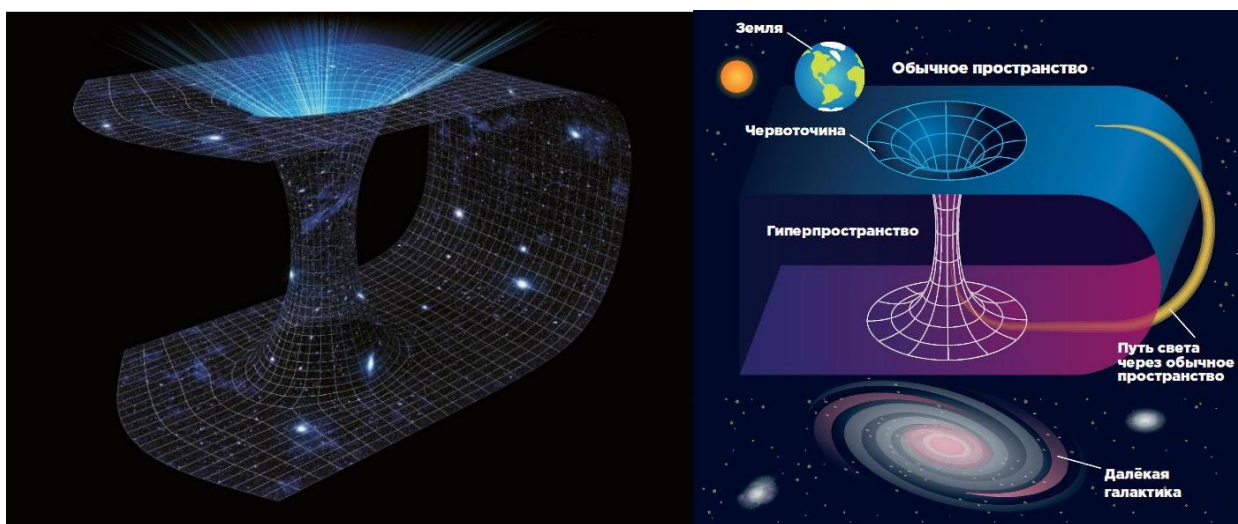


Рис.2. 3D-модель червоточины

В данной концепции черная дыра описывается как «вход» в такой туннель, а теоретическая белая дыра как «выход».

Белая дыра, согласно гипотезе, обладает следующими свойствами:

1. Антигоризонт событий: Материя и свет могут только выходить из белой дыры, но не могут попасть внутрь.
2. Рождаются из сингулярности: В отличие от чёрной дыры, которая коллапсирует в сингулярность, белая дыра должна «родиться» из сингулярности и начать извергать материю.
3. Математическая симметрия: Решение уравнений для белой дыры получается, если в решении для чёрной дыры заменить время t на $-t$ (обратить время вспять).

Так как огромная гравитация чёрной дыры искривляет пространство-время, то возник вопрос «Как представить модель чёрной дыры?» Эту проблему решили Мартин Крускал и Дьёрдь Секереш в 1960 году, создав одноименную диаграмму Крускала-Секереша (рис. 3) [1, 12, 13]:

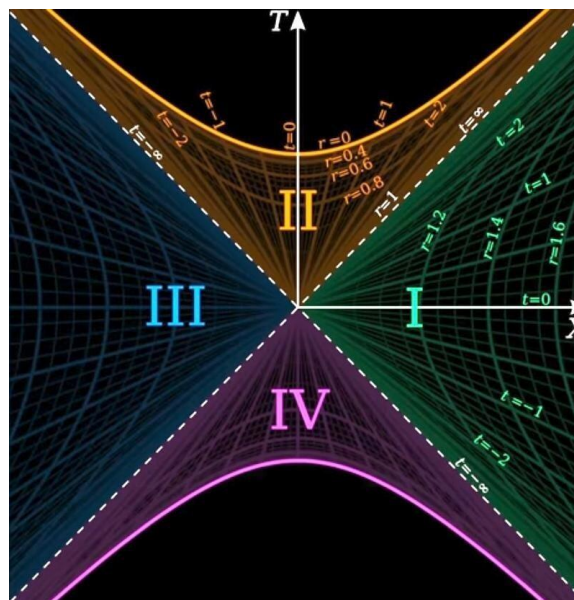


Рис.3. Диаграмма Крускала-Секереша

Эта диаграмма создана для наглядного представления свойств пространства-времени вблизи чёрной дыры в общей теории относительности. На ней изображены 4 фрагмента: наша Вселенная перед чёрной дырой, чёрная дыра, другая Вселенная, белая дыра. Читается она следующим образом: по вертикали время, вверху – будущее, снизу – прошлое, а по горизонтали – пространство. Слева и справа расположены разные миры

Обычная карта (координаты Шварцшильда) ломалась на горизонте чёрной дыры - там были бесконечности, карта Крускала-Секереша не ломается.

Эта карта показывает, что чёрная дыра и белая дыра - это один и тот же объект, но с разным направлением времени. Если мы возьмём чёрную дыру и пустим время вспять, она превратится в белую дыру. Математически это так, но в реальной Вселенной, по мнению большинства учёных, белых дыр нет, потому что они нарушают правило, что энтропия всегда увеличивается [12].

Почему белая дыра является теоретическим объектом: аргументы за и против

Аргументы «за»:

1. Уравнения Общей теории относительности (ОТО) симметричны относительно обращения времени ($t \rightarrow -t$). Если есть решение для коллапса в чёрную дыру, то должно быть и решение для анти-коллапса (взрыва) из белой дыры.
2. Некоторые физики (например, Джордж Смут, Новиков) рассматривали идею, что сингулярность Большого взрыва - это гигантская белая дыра [8]. Вся материя Вселенной «вылетела» из одной точки, причём ничего не могло в неё упасть до момента взрыва. Это соответствует определению белой дыры. Если мы живем внутри «излучения» белой дыры, то мы - и есть доказательство её существования
3. В теории петлевой квантовой гравитации считается, что сингулярности невозможны [6, 11]. Материя не может сжаться в бесконечно плотную точку. Вместо этого при достижении планковской плотности (10^{93} г/см³) гравитация становится отталкивающей, и вещество «отскакивает» (Bounce).

В этом сценарии коллапс ядра звезды останавливается, а затем выбрасывается наружу. Для внешнего наблюдателя такая звезда будет выглядеть так: сначала коллапс (чёрная дыра), а через миллиарды лет (с точки зрения внешнего мира - почти мгновенно из-за замедления времени) - взрыв (белая дыра).

Аргументы «против»:

1. Нарушение второго закона термодинамики.

Белая дыра - это объект, который создаёт низкую энтропию. Она выбрасывает материю, которая должна иметь какую-то структуру, упорядоченность. Чтобы создать

порядок (низкую энтропию), нужно где-то взять энергию и отсеять хаос. Белая дыра просто создаёт порядок из ничего. Это грубое нарушение стрелы времени.

2. Гравитационная нестабильность.

Белая дыра определяется как объект, в который ничто не может упасть. Её горизонт - это «анти-горизонт», который выталкивает всё наружу. Однако любое случайное квантовое возмущение или просто пролетающая мимо пылинка, попавшая на этот горизонт, мгновенно разрушит белую дыру.

3. Отсутствие механизма образования.

У нас есть четкий механизм образования чёрных дыр (коллапс звезд). Как образуется белая дыра? Чтобы она начала излучать, у неё уже должен быть горизонт. Нет никакого физического процесса, который приводит к появлению иного горизонта в нашей Вселенной (за исключением гипотетического квантового отскока внутри уже существующей чёрной дыры, что мы не можем проверить).

4. Наблюдательное отсутствие.

Мы просканировали небо во всех диапазонах волн. Мы видим коллапсары (чёрные дыры), нейтронные звёзды, взрывы сверхновых. Мы не видим объекты, которые хаотично и постоянно извергают материю из одной точки, ничего не поглощая. Любой астрофизический объект, который извергает материю (например, квазары), делает это из аккреционного диска, а материя перед этим упала в гравитационный колодец, то есть процесс поглощения всё равно есть.

Таким образом, можно заключить, что, несмотря на преимущественно теоретический статус кротовых нор (червоточин) в современной физике, их существование нельзя полностью отрицать. Научное познание непрерывно развивается, и вполне вероятно, что современный уровень технологического развития и объём накопленных знаний пока недостаточны для обнаружения таких объектов или их теоретического обоснования в рамках непротиворечивой модели.

Если человечеству в будущем удастся не только обнаружить подобные пространственно-временные структуры, но и использовать их для решения практических задач, это будет означать качественный технологический скачок. Понимание глубинных механизмов квантовой физики и астрофизики потенциально открывает доступ к таким феноменам, как перемещение во времени, квантовое туннелирование (применительно к макрообъектам), телепортация и иные явления, которые в настоящее время представляются лишь умозрительными, а порой и граничащими с фантастикой.

Библиографический список

1. Мизнер, Ч. Гравитация / Ч. Мизнер, К. Торн, Дж. Уилер. – Москва : URSS, 2006.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва : Физматлит, 2006.
3. Долбин, А. А. Черные дыры / А. А. Долбин, А. А. Тарасова // Молодой ученый. – 2017. – № 2 (136). – С. 16-18. [Электронный ресурс] – URL: <https://moluch.ru/archive/136/38043>.
4. Торн, К. Интерстеллар: наука за кадром / К. Торн ; пер. с англ. С. Ломакин. – 3-е изд. – Москва : Манн, Иванов и Фербер (МИФ), 2022. – 484 с. – ISBN 9785001952060.
5. Гриббин, Дж. Инстинкт космоса / Дж. Гриббин. – Москва : Альпина нон-фикшн, 2020.
6. Новиков, И. Д. Физика черных дыр / И. Д. Новиков, В. П. Фролов. – Москва : Наука, 1986.
7. Einstein, A. The Particle Problem in the General Theory of Relativity / A. Einstein, N. Rosen. – Текст : непосредственный // Physical Review. – 1935. – Vol. 48. – Pp. 73–77.
8. Хокинг, С. Краткая история времени / С. Хокинг. – Москва : АСТ, 2019.
9. Thorne, K. S. Wormholes in space time and their use for interstellar travel: a tool for teaching general relativity / K. S. Thorne. – Текст : непосредственный // American Journal of Physics. – 1988. – Vol. 56. – Pp. 395–412.

10. Парадокс дедушки и логические противоречия. // Физика.ру [Электронный ресурс] – URL: <https://physics42.ru/tutorials/fizika-vremeni/paradoks-dedushki-i-logicheskie-protivorechiya/>.
11. Хокинг, С. Чёрные дыры и молодые вселенные / С. Хокинг. – Москва : АСТ, 2022. – 256 с. – ISBN 978-5-17-152866-9.
12. Бравков, К. П. Белые дыры: теории их существования / К. П. Бравков // Молодой ученый. – 2022. – № 38 (433). – С. 69-73. [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/433/94998>.
13. Чандрасекар, С. Математическая теория чёрных дыр / С. Чандрасекар. – Москва : Мир, 1986.

References

1. Mizner, C. Gravity / C. Mizner, K. Thorne, J. Wheeler. – Moscow : URSS, 2006.
2. Landau, L. D. Theoretical physics. Vol. 2. Field theory / L. D. Landau, E. M. Lifshits. – Moscow : Fizmatlit, 2006.
3. Dolbin, A. A. Black holes / A. A. Dolbin, A. A. Tarasova // Young Scientist. – 2017. – № 2 (136). – Pp. 16-18. [Electronic resource] – URL: <https://moluch.ru/archive/136/38043>
4. Thorne, K. Interstellar: Science behind the scenes / K. Thorne ; translated from English by S. Lomakin. – 3rd ed. - Moscow : Mann, Ivanov and Ferber (MYTH), 2022. – 484 p. – ISBN 9785001952060.
5. Gribbin, J. The Instinct of space / J. Gribbin. Moscow : Alpina Non-fiction, 2020.
6. Novikov, I. D. Physics of black holes / I. D. Novikov, V. P. Frolov. Moscow : Nauka Publ., 1986.
7. Einstein, A. The Particle Problem in the General Theory of Relativity / A. Einstein, N. Rosen. – Text : direct // Physical Review. – 1935. – Vol. 48. – Pp. 73-77.
8. Hawking, S. A brief history of time / S. Hawking. – Moscow : AST, 2019.
9. Thorne, K. S. Wormholes in space time and their use for interstellar travel: a tool for teaching general relativity / K. S. Thorne. – Text : direct // American Journal of Physics. – 1988. – Vol. 56. – Pp. 395-412.
10. The grandfather's paradox and logical contradictions. // Physics. [Electronic resource] – URL: <https://physics42.ru/tutorials/fizika-vremeni/paradoks-dedushki-i-logicheskie-protivorechiya/>.
11. Hawking, S. Black holes and young universes / S. Hawking. – Moscow : AST, 2022. – 256 p. – ISBN 978-5-17-152866-9.
12. Bravkov, K. P. White holes: theories of their existence / K. P. Bravkov // Young Scientist. – 2022. – № 38 (433). – Pp. 69-73. [Electronic resource] URL: <https://moluch.ru/archive/433/94998>
13. Chandrasekhar, S. Mathematical theory of black holes / S. Chandrasekhar. Moscow : Mir Publ., 1986.

УДК 004.832.28

Воронежский государственный технический университет

канд. техн. наук, доцент кафедры инноватики и строительной физики имени профессора И.С. Суворцева

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. Суворцева

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. Суворцева

Д.В. Сидорова

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(900)928-56-15

e-mail: dianasidorova2511@gmail.com

*Voronezh State Technical University
Cand. Tech. Sci., Associate Professor
of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev*

S.N. Dyakonova

Russia, Voronezh, ph.: +7 (920) 410-13-55

e-mail: sof1355@yandex.ru

*Assistant of the Department of Innovation
and Building Physics named
after Professor I.S. Surovtsev*

D.V. Sysoeva

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

e-mail: psareva.darja@yandex.ru

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

D.V. Sidorova

Russia, Voronezh, ph.: +7(900)928-56-15

e-mail: dianasidorova2511@gmail.com

С.Н. Дьяконова, Д.В. Сысоева, Д.В. Сидорова

ИННОВАЦИИ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ «КОНЦЕРН СОЗВЕЗДИЕ»

Аннотация: В статье рассматривается комплексный подход к инновационной деятельности предприятия, выходящий за рамки технологических усовершенствований. Проводится четкая дифференциация между продуктовыми, технологическими и управленческими инновациями, раскрывая их специфику на конкретных примерах (мобильный банкинг, цифровые двойники, Agile-методологии). Особый акцент делается на управленческих инновациях, которые определяются как принципиально новые для организации методы и процедуры руководства. Доказывается тезис о том, что в условиях быстро меняющейся бизнес-среды именно трансформация системы управления становится ключевым фактором для обеспечения устойчивого роста и конкурентоспособности компании. Процесс внедрения инноваций требует системного подхода и учета специфики конкретного бизнеса. Приведен инновационно-управленческий процесс на примере компании ОАО концерн «Созвездие».

Ключевые слова: инновации, инновации в управлении, ОАО концерн «Созвездие», классификация инноваций, управленческие инновации, выпуск продукции, эффективность.

S.N. Dyakonova, D.V. Sysoeva, D.V. Sidorova

INNOVATIONS IN THE STRATEGIC MANAGEMENT OF THE CONSOLEVSKY CONCERN

Abstract: The article considers an integrated approach to the innovative activity of an enterprise that goes beyond technological improvements. A clear differentiation is made between product, technological and managerial innovations, revealing their specifics using specific examples (mobile banking, digital twins, Agile methodologies). Special emphasis is placed on managerial innovations, which are defined as fundamentally new management methods and procedures for the

organization. The thesis is proved that in a rapidly changing business environment, it is the transformation of the management system that becomes a key factor in ensuring sustainable growth and competitiveness of the company. The process of innovation requires a systematic approach and consideration of the specifics of a particular business. The innovation and management process is presented on the example of JSC Concern Constellation.

Keywords: innovations, innovations in management, JSC concern "Constellation", classification of innovations, managerial innovations, product output, efficiency.

В современных условиях внедрение передовых управленческих технологий сталкивается со значительными сложностями. Применение высокоэффективных инновационных методов в практике управления осложняется рядом факторов, обусловленных спецификой отечественной экономической системы, которая зачастую оказывается неготовой к восприятию нововведений. Именно нововведения рассматривают как новые возможности повышения конкурентоспособности организации, а инновации становятся закономерностью вывода о том, что «инновация – это продукт, воспринимаемый индивидом как новый или усовершенствующий».

Инновация – это интеллектуальное решение, разработка и получение нового знания, которое до этого не применялось, способствующее обновлению сфер жизни людей, а также последующий процесс его внедрения с получением дополнительных ценностей.

Основной целью статьи выступает комплексное изучение инновационных подходов в системе управления современным предприятием на примере Концерна «Созвездие».

Успех компании в основном зависит от внедрения инноваций и его эффективного использования. Они проникают во все сферы деятельности организации, трансформируя подходы к управлению, производству и разработке продуктов.

На рис.1. в зависимости от сферы деятельности представлена классификация инноваций.

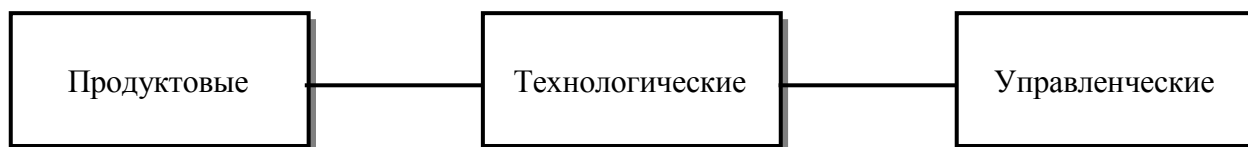


Рис.1. Классификация инноваций управлению организации по сфере деятельности

Когда речь заходит о продуктовых инновациях, подразумевается создание новых или значительно улучшенных товаров и услуг. Это может быть как принципиально новое решение на рынке, так и модернизация существующего предложения. Например, переход от обычного банковского обслуживания к мобильным приложениям с биометрической идентификацией кардинально изменил финансовый сектор.

Технологические инновации затрагивают производственные и операционные процессы. Они проявляются во внедрении автоматизированных линий, использовании искусственного интеллекта для анализа данных или применении интернета вещей для мониторинга оборудования. Крупные предприятия активно внедряют цифровые двойники производственных линий, что позволяет моделировать различные сценарии без остановки реального производства.

Особое место занимают управленческие инновации, которые меняют саму систему руководства компанией. Современные организации отходят от жестких иерархических структур в пользу гибких сетевых моделей. Лидеры все чаще делают ставку на вовлеченность сотрудников, создавая среду, где ценится инициатива и горизонтальное взаимодействие. Удаленная работа, ставшая массовой во время пандемии, показала, что контроль по часам уступает место управлению по результатам.

Сегодня, особый интерес среди специалистов вызывают управленческие инновации – любое решение, метод управления или процедура, которые имеют существенные отличия от

выработанной практики и впервые используются на конкретном предприятии или в организации. При этом, следует учитывать, что данная инновация должна представлять новизну в практике конкретного исследуемого предприятия или организации. Мир меняется слишком быстро, и старые методы управления часто оказываются неэффективными. Таким образом для реального роста и развития компании необходимо внедрять управленческие инновации.

Инновации в управлении – это внедрение новых методов, технологий и подходов, направленных на повышение эффективности процессов, улучшение координации и адаптацию компаний к изменениям.

Основные виды инноваций в управлении представлены в табл.1.

Таблица 1

Инновации в управлении

Виды инновации	Описание
Нормативные	Например, в компании одни и те же правила: громоздкие отчеты, многоступенчатые согласования, жесткие регламенты. Необходимы нормативные инновации – перевести весь документооборот в цифру, упростить процедуры согласования или ввести гибкие стандарты работы. Такие изменения не требуют миллионных инвестиций, но значительно разгружают сотрудников и ускоряют процессы.
Инициативные	Самые интересные идеи часто рождаются от самих сотрудников. Такие предложения всегда рискованны, ведь они основаны на личном видении. Но именно так появляются прорывные решения.
Процессные	Например, вместо многочасовых совещаний вводят 15-минутные стендапы, вместо годового планирования – квартальные циклы, а отчеты заменяют визуальными дашбордами. Такой подход особенно популярен в IT-компаниях, но постепенно проникает и в традиционный бизнес.
Кадровые	Современные HR-технологии позволяют не просто нанимать сотрудников, а находить именно тех, кто идеально впишется в команду. Обучение переходит в онлайн и становится персонализированным, а оценка эффективности учитывает не только цифры, но и soft skills. Крупные корпорации уже всюю экспериментируют с удаленной работой, гибкими графиками и даже четырехдневной рабочей неделей.

Как показывает практика российских компаний, при внедрении управленческих инноваций в организации, существуют проблемы.

Внедрение новых управленческих подходов – это всегда вызов для компании, и российские организации здесь не исключение. Главная сложность – человеческий фактор. Сотрудники часто воспринимают изменения в штыки, особенно если руководство просто спускает директивы «сверху», не объясняя, зачем это нужно и как скажется на их работе. Люди боятся, что нововведения усложнят их задачи, потребуют переучивания или вовсе поставят под угрозу их должности и зарплаты. Поэтому важно не просто внедрять изменения, а заранее готовить команду, объяснять существенные проблемы и показывать выгоды, вовлекая в процесс.

Ещё одна серьёзная проблема – нехватка квалифицированных менеджеров, которые умеют работать с инновациями. Многие руководители привыкли к авторитарному стилю и не готовы перестраиваться. Компании часто экономят на обучении, а без грамотных специалистов даже самые прогрессивные методики превращаются в формальность.

Добавляет сложностей и то, что управленческие инновации в России часто недооценивают. Многие считают, что главное – это технологии и оборудование, а «мягкие» изменения вроде новых методов планирования или командной работы – это что-то

второстепенное и не значимое. Но на практике выходит наоборот: даже самые современные технологии не дают эффекта, если в компании не выстроены процессы, нет доверия между сотрудниками и руководителями, а решения принимаются только «наверху».

Наконец, мешает и отсутствие системного подхода. Компании иногда пытаются внедрить цифровизацию или другие методики точечно, без адаптации под свои реалии. В результате нововведения либо не приживаются, либо создают ещё больший хаос. Выявим на рис.2 проблемы внедрения управленческих инноваций.



Рис.2. Проблемы внедрения управленческих инноваций

Чтобы инновации работали, важно соблюдать пункты:

- объяснять сотрудникам смысл изменений и их выгоды;
- обучать менеджеров новым методам управления;
- не ждать мгновенных результатов и начинать с пилотных проектов;
- сочетать технологические и управленческие изменения.

Процесс внедрения инноваций требует системного подхода и учета специфики конкретного бизнеса. Приведем инновационно-управленческий процесс на примере компании ОАО Концерн «Созвездие» (рис.3).

На примере
предприятия ОАО
концерн «Созвездие»

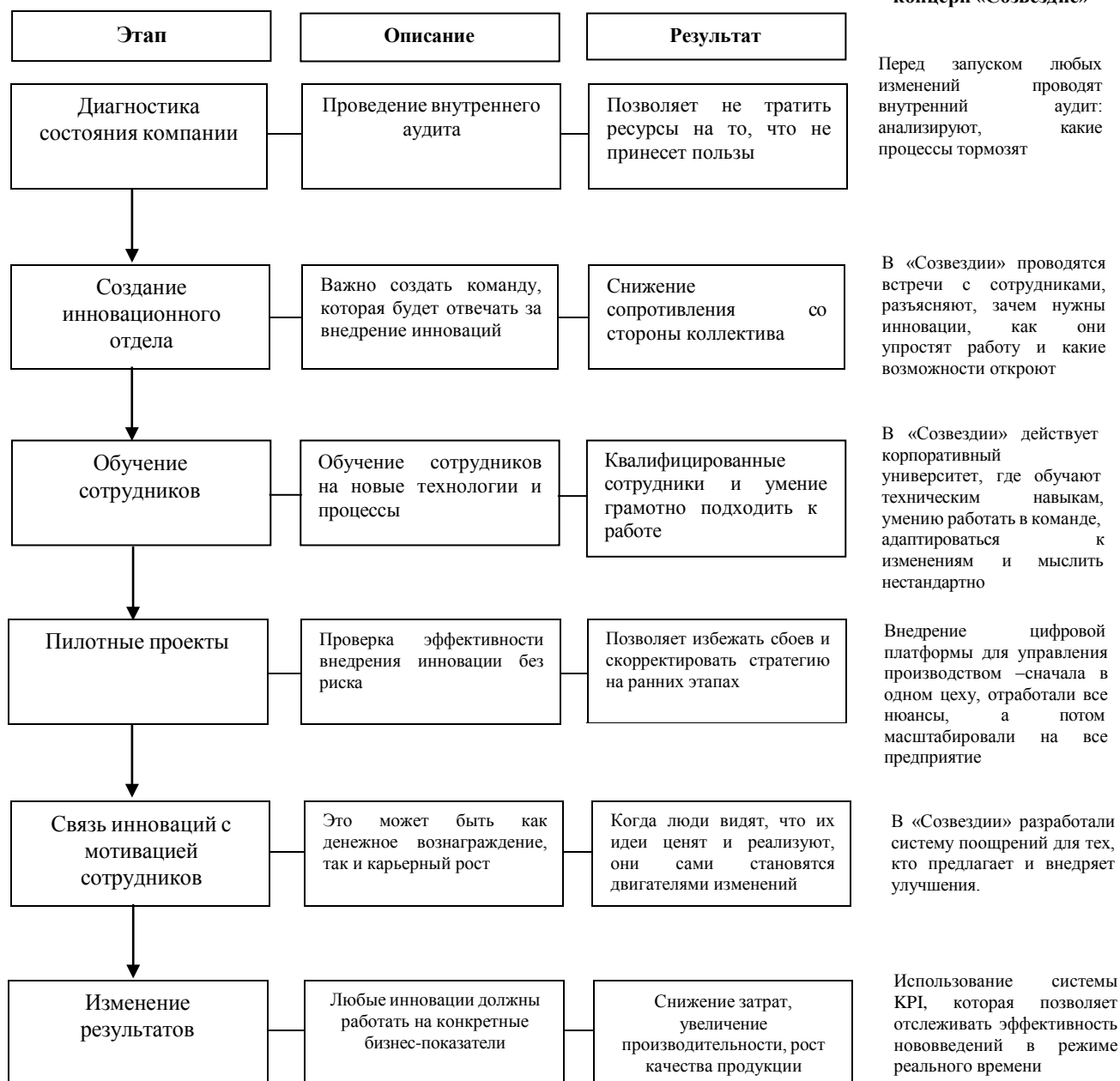


Рис.3. Процесс внедрения инноваций

Что касается типичных ошибок, то здесь стоит отметить две главные. Первая – слепое копирование чужого опыта без адаптации под свои реалии. Не все, что работает в IT-стартапах, подойдет для промышленного гиганта. Вторая ошибка – попытка изменить все и сразу. Инновации требуют времени, и важно двигаться поэтапно, фиксируя каждый шаг.

ОАО Концерн «Созвездие» - одно из крупнейших российских предприятий радиоэлектронной промышленности. Концерн «Созвездие» осуществляет разработку и производство интеллектуальных систем управления и связи, радиоэлектронной борьбы и специальной техники, отвечающих потребностям вооруженных сил и других специальных формирований, а также гражданской и телекоммуникационной продукции.

Анализ инновационной деятельности Концерна «Созвездие» показывает, что предприятие активно внедряет новые методы управления и современные технологии для повышения эффективности производства (рис.4).

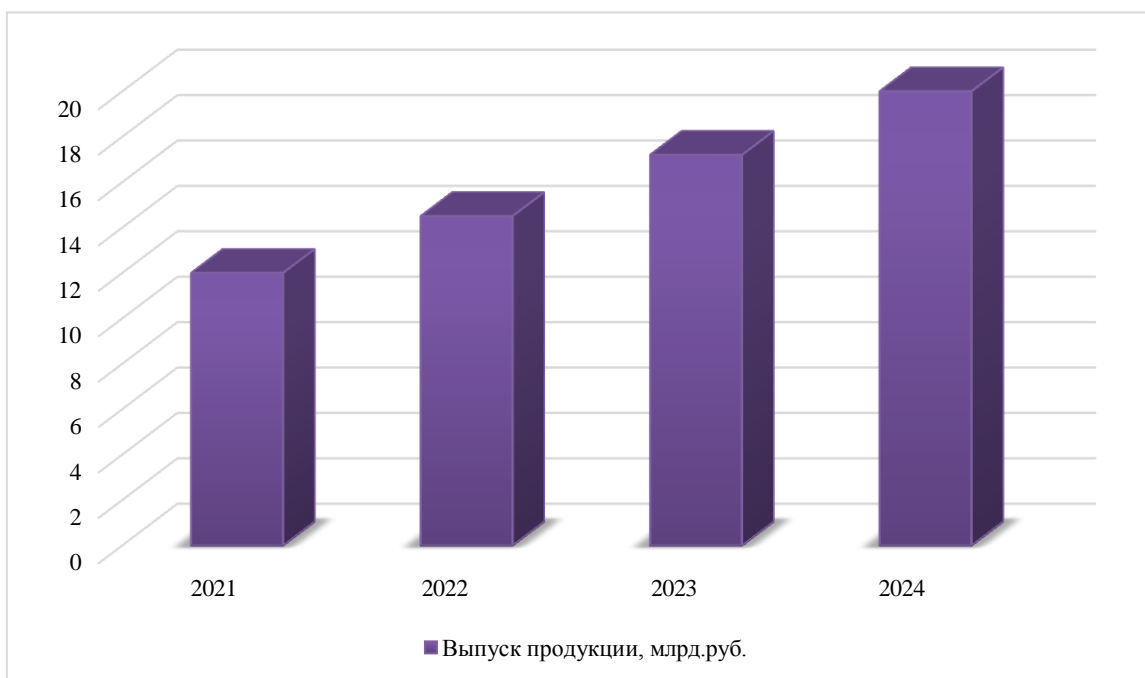


Рис.4. Анализ инновационной деятельности Концерна «Созвездие»

Такой рост связан с внедрением автоматизированных систем в разные сферы деятельности, с постоянным улучшением условий труда и оптимизацией работы. Сокращение затрат и грамотное планирование - результат уменьшения сроков выполнения заказов, снижения расходов и увеличения производительности. Современные системы и технологии позволили лучше контролировать качество продукции и эффективно распределять ресурсы и поставки, что укрепило позиции организации на ранке.

Рассмотрим рекомендации для дальнейшего повышения эффективной работы (рис.5).



Рис.5. Рекомендации для повышения эффективной работы

Для мотивации персонала эффективно внедрить систему оценки работы с элементами соревновательности - начисление баллов, рейтинги сотрудников, поощрение лучших специалистов. Целесообразно создать внутреннюю платформу для сбора предложений по улучшению производства от самих работников с материальным вознаграждением за реализованные идеи. На складах можно установить систему автоматического учета товаров с использованием радиочастотных меток, а для перемещения грузов внутри предприятия постепенно внедрять беспилотный транспорт.

Особое внимание стоит уделить переходу к управлению на основе оперативных данных: вместо традиционных отчетов руководство должно получать информацию в реальном времени с датчиков оборудования и производственных систем. Полезно разработать единую информационную панель, где будут отображаться все ключевые показатели работы предприятия. Для работы с поставщиками можно создать специальную электронную площадку, где будет проводиться отбор наиболее выгодных предложений по

закупкам. Также стоит рассмотреть возможность привлечения внешних экспертов через специальные платформы для решения сложных технических задач.

Главный принцип внедрения всех этих новшеств - постепенность и обязательное обучение сотрудников. Каждое изменение нужно сначала протестировать на отдельных участках, и только после подтверждения эффективности распространять на все производство. Такой подход позволит избежать резких сбоев в работе и получить максимальную отдачу от всех управленческих инноваций.

Концерну «Созвездие» для дальнейшего роста эффективности стоит внедрять прогнозную аналитику, цифровые модели производства, автоматизацию рутинных задач и системы мотивации персонала.

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. Колосов А.И., Дьяконова С.Н., Ботиенко А.В. Инновационное предпринимательство: учебное пособие / А.И. Колосов, С.Н. Дьяконова, А.В. Ботиенко. - Издательство: Истоки, Воронеж, 2024. – С. 242. - ISBN: 978-5-4473-0411-9.
4. Колосова Н.В., Дьяконова С.Н., Ботиенко А.В. Инновации в планировании, организации и управлении: учебное пособие / Н.В. Колосова, С.Н. Дьяконова, А.В. Ботиенко. - Издательство: Истоки, Воронеж, 2024. – 190 с. - ISBN: 978-5-4473-0446-1.
5. Концерн «Созвездие» [Электронный ресурс] – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Компания:Концерн_Созвездие
6. Созвездие (концерн) / Википедия [Электронный ресурс] – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Созвездие_\(концерн\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Созвездие_(концерн))
7. Ходыкина А.И., Трофименко Е.Н. Управленческие инновации: понятие, сущность, проблемы внедрения в организациях / А.И. Ходыкина, Е.Н. Трофименко // Электронный научно-практический журнал «Экономика и менеджмент инновационных технологий», 2016. - №9. – [Электронный ресурс] – URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2016/09/12453>
8. Степанова В.К. Инновационные аспекты в управлении предприятием / В.К. Степанова // Материалы VI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» - [Электронный ресурс] – URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014006586>

References

1. Dyakonova S.N., Sysoeva D.V., Osipov A.A. Innovative entrepreneurship: an 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. Technologies of innovations / S.N. Dyakonova, D.V. Sysoeva, I.S. Kudryavtseva, L.P. Myshovskaya. - Publishing house: Limited Liability Company «ISTOKI» (Voronezh), 2023. – 210 p. - SBN: 978-5-4473-0377-8.
3. Kolosov A.I., Dyakonova S.N., Botienko A.V. Innovative entrepreneurship: a textbook / A.I. Kolosov, S.N. Dyakonova, A.V. Botienko. - Publisher: Istoki, Voronezh, 2024. – p. 242. - ISBN: 978-5-4473-0411-9.

4. Kolosova N.V., Dyakonova S.N., Botienko A.V. Innovations in planning, organization and management: a textbook / N.V. Kolosova, S.N. Dyakonova, A.V. Botienko. - Publisher: Istoki, Voronezh, 2024. – 190 p. - ISBN: 978-5-4473-0446-1.
5. Concern "Constellation" [Electronic resource] – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Компания:Concern_society
6. Constellation (concern) / Wikipedia [Electronic resource] – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Constellation\(concern\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Constellation(concern))
7. Khodykina A.I., Trofimenko E.N. Managerial innovations: concept, essence, problems of implementation in organizations / A.I. Khodykina, E.N. Trofimenko // Electronic scientific and practical journal «Economics and Management of Innovative Technologies», 2016. - №9. – [Electronic resource] – URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2016/09/12453>
8. Stepanova V.K. Innovative aspects in enterprise management / V.K. Stepanova // Proceedings of the VI International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum» - [Electronic resource] – URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014006586>.

УДК 621.311.24

*Воронежский государственный
технический университет*

*Кандидат технических наук, доцент
кафедры инноватики и строительной
физики имени профессора И.С. Суворцева
С.Н. Дьяконова*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)410-13-55
e-mail: sof1355@yandex.ru*

*Кандидат экономических наук, доцент
кафедры инноватики и строительной
физики имени И.С. Суворцева
И. В. Фатеева*

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

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суворцева*

М. А. Бердников

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

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суворцева*

К. А. Чупахин.

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

Voronezh State Technical University

*Cand. of Tech. Sc., Associate Professor
of the Department of Innovation and Building
Physics named after Professor I.S. Surovtsev
S.N. Dyakonova*

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

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

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

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

M. A. Berdnikov

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

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

K.A. Chupakhin

*Russia, Voronezh, ph.: +7-950-769-62-59
e-mail: kchypahin@gmail.com*

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

СОЛНЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В БЫТОВОЙ СФЕРЕ

Аннотация: Статья посвящена всестороннему обзору современных и перспективных солнечных технологий, используемых в бытовом секторе. Рассматриваются основные типы технологий, включая фотоэлектрические системы, солнечные тепловые установки, гибридные решения (PVT), а также портативные устройства. Особое внимание уделяется преимуществам солнечных технологий, таким как снижение затрат на электроэнергию, энергетическая независимость и сокращение выбросов CO₂. В статье также анализируются ключевые барьеры для внедрения, включая высокие первоначальные затраты, технические ограничения, регуляторные и социальные сложности. Обсуждаются инновации, такие как перовскитные солнечные элементы, интеграция с умными домашними системами на базе ИИ и IoT, а также общественные солнечные проекты, которые делают солнечную энергию доступной для жителей квартир. Статья подчеркивает роль солнечных технологий в глобальном энергетическом переходе и достижении целей устойчивого развития.

Ключевые слова: солнечные технологии, умные домашние системы, общественные солнечные проекты, энергетическая независимость, снижение выбросов CO₂, регуляторные сложности, социальные барьеры, устойчивая энергетика, энергетический переход, солнечные водонагреватели, солнечные зарядки, солнечные фермы, интеграция с энергосетями, прогнозная аналитика.

S.N. Dyakonova, I. V. Fateeva, M. A. Berdnikov, K. A. Chupakhin

SOLAR TECHNOLOGY IN THE HOUSEHOLD SPHERE

Abstract: The article is devoted to a comprehensive review of modern and promising solar technologies used in the domestic sector. The main types of technologies are considered, including photovoltaic systems, solar thermal installations, hybrid solutions (PVT), as well as portable devices. Special attention is paid to the advantages of solar technologies, such as lower energy costs, energy independence and reduction of CO₂ emissions. The article also analyzes key barriers to implementation, including high initial costs, technical constraints, regulatory and social difficulties. Innovations such as perovskite solar cells, integration with smart home systems based on AI and IoT, as well as public solar projects that make solar energy affordable for apartment residents are discussed. The article highlights the role of solar technologies in the global energy transition and the achievement of sustainable development goals.

Keywords: solar technologies, smart home systems (iot, AI), public solar projects, energy independence, reduction of CO₂ emissions, regulatory complexities, social barriers, sustainable energy, energy transition, solar water heaters, solar charging, solar farms, integration with power grids, predictive analytics.

Глобальный спрос на энергию продолжает расти, ожидается увеличение на 50% к 2050 году, что создает давление на традиционные энергетические системы. Переход к устойчивым источникам энергии, таким как солнечная, становится критически важным для снижения зависимости от ископаемого топлива. Солнечная энергия является одним из самых быстрорастущих секторов возобновляемой энергетики с ежегодным ростом установок на 20-30% [1].

Использование солнечных технологий в бытовом секторе позволяет домохозяйствам снизить затраты на электроэнергию на 50-90% в зависимости от региона. Солнечные панели не производят выбросов CO₂ в процессе генерации, что делает их ключевым инструментом в борьбе с изменением климата. По данным IRENA, внедрение солнечной энергии может сократить глобальные выбросы CO₂ на 4,9 гигатонн к 2030 году. В странах с высоким уровнем солнечной инсоляции, таких как Австралия и США, солнечные системы уже обеспечивают до 30% потребностей домохозяйств. Снижение стоимости солнечных панелей на 90% за последнее десятилетие сделало их доступными для широкого круга потребителей [3].

Солнечная энергия также способствует энергетической независимости домохозяйств, особенно в удаленных районах, где подключение к сети затруднено. Государственные программы, такие как налоговые льготы в США и субсидии в ЕС, стимулируют массовое внедрение солнечных технологий. По прогнозам IEA, к 2050 году солнечная энергия может стать крупнейшим источником электроэнергии, обеспечивая до 30% мирового спроса. Солнечные системы также снижают нагрузку на энергосети, особенно в периоды пикового спроса, что повышает их устойчивость. Внедрение солнечных технологий в бытовом секторе способствует созданию «зеленых» рабочих мест и развитию локальной экономики. Солнечная энергия играет ключевую роль в достижении целей Парижского соглашения по ограничению глобального потепления до 1,5°C [4].

Они играют ключевую роль в решении глобальных энергетических и экологических вызовов, таких как рост спроса на энергию и необходимость сокращения выбросов CO₂. Цель данной статьи — предоставить всесторонний обзор современных и перспективных солнечных технологий, используемых в бытовом секторе, включая фотоэлектрические системы, солнечные тепловые установки и гибридные решения. Особое внимание уделяется их преимуществам, таким как снижению затрат на электроэнергию, энергетической независимости и экологической устойчивости. Однако, несмотря на значительный прогресс, внедрение солнечных технологий сталкивается с рядом ограничений, включая высокие первоначальные затраты, зависимость от погодных условий и сложности интеграции с энергосетями. В статье также рассматриваются примеры успешного внедрения в различных

регионах, таких как США, Германия и Австралия, где государственная поддержка сыграла ключевую роль. Кроме того, обсуждаются инновации, такие как умные технологии на базе IoT и AI, которые оптимизируют работу солнечных систем и повышают их эффективность. Этот обзор призван не только представить текущее состояние технологий, но и предложить рекомендации для их дальнейшего развития, чтобы ускорить переход к устойчивой энергетике.

Основные типы солнечных технологий для домохозяйств

- **Фотоэлектрические (PV) системы**

Крышные солнечные панели, основанные на фотоэлектрическом эффекте, преобразуют солнечный свет в электричество, что делает их одним из самых популярных решений для домохозяйств. Монокристаллические панели, изготовленные из высокоочищенного кремния, отличаются высокой эффективностью (18-22%) и долговечностью, но имеют более высокую стоимость по сравнению с поликристаллическими.

Поликристаллические панели, хотя и менее эффективны (15-17%), более доступны по цене и широко используются в жилом секторе, особенно в регионах с умеренным климатом. Тонкопленочные панели, такие как CIGS и CdTe, легче и гибче, что делает их идеальными для нестандартных поверхностей, но их эффективность ниже (12-14%).

Стоимость солнечных панелей снизилась на 90% за последнее десятилетие, а сроки окупаемости варьируются от 5 до 10 лет в зависимости от региона и уровня инсоляции.

В дополнение к традиционным крышным панелям, интегрированные в здания фотоэлектрические системы (BIPV) сочетают функции строительных материалов и генерации энергии, что делает их эстетически привлекательными. Солнечные окна, использующие прозрачные фотоэлектрические элементы, позволяют генерировать энергию, не нарушая дизайн здания, а солнечная черепица, такая как Tesla Solar Roof, полностью заменяет традиционную кровлю. Фасадные BIPV-панели могут быть интегрированы в стены зданий, увеличивая площадь генерации энергии и улучшая теплоизоляцию, что снижает затраты на отопление и охлаждение. BIPV-системы не только повышают энергоэффективность зданий, но и способствуют увеличению стоимости недвижимости, делая их более экологичными и привлекательными для покупателей.

Таким образом, как крышные панели, так и BIPV-системы предлагают уникальные преимущества, делая солнечную энергию доступной, эстетичной и экономически выгодной для домохозяйств [2].

- **Солнечные тепловые системы**

Солнечные водонагреватели, использующие энергию солнца для нагрева воды, являются одним из самых эффективных решений для домохозяйств, особенно в регионах с высокой инсоляцией [2].

Плоские коллекторы, состоящие из теплоизолированных панелей с поглощающей поверхностью, эффективны в теплом климате и просты в установке. Вакуумные трубки, благодаря своей изоляции, сохраняют тепло даже в холодных условиях, что делает их более эффективными в регионах с умеренным и холодным климатом.

Эффективность солнечных водонагревателей варьируется от 50% до 70% в зависимости от типа коллектора и климатических условий, что позволяет значительно снизить затраты на горячее водоснабжение.

В дополнение к нагреву воды солнечные тепловые системы могут использоваться для отопления помещений, интегрируясь с тепловыми насосами, которые повышают эффективность использования энергии. Солнечные тепловые насосы используют тепло, собранное коллекторами, для обогрева домов, что особенно эффективно в зимний период. Для охлаждения помещений применяются абсорбционные чиллеры, которые используют солнечное тепло для генерации холода, что делает их идеальными для жаркого климата. Такие системы не только снижают затраты на отопление и охлаждение, но и уменьшают нагрузку на энергосети, особенно в периоды пикового спроса. В регионах с умеренным

климатом, таких как Германия и север США, комбинированные системы отопления и охлаждения на солнечной энергии уже доказали свою экономическую и экологическую эффективность.

Исходя из вышесказанного, солнечные водонагреватели и тепловые системы для отопления/охлаждения предлагают универсальные решения для домохозяйств, сочетая высокую эффективность, экологичность и экономическую выгоду [5].

- Гибридные и портативные решения

PV-Thermal (PVT) гибриды представляют собой инновационные системы, которые одновременно генерируют электричество и тепло, повышая общую эффективность использования солнечной энергии. Эти системы сочетают фотоэлектрические панели с плоскими солнечными коллекторами, что позволяет использовать как электрическую, так и тепловую энергию для нужд домохозяйств. PVT-гибриды особенно эффективны в условиях ограниченного пространства, так как они выполняют двойную функцию, снижая затраты на установку и обслуживание.

Плоский солнечный коллектор в составе PVT-системы обеспечивает нагрев воды или воздуха, что делает их идеальными для отопления и горячего водоснабжения. Эффективность PVT-гибридов достигает 80%, что значительно выше, чем у традиционных фотоэлектрических систем, благодаря одновременному использованию тепла и электричества [4].

В дополнение к стационарным системам, портативные солнечные устройства, такие как солнечные зарядки и уличные светильники, предлагают гибкие решения для мобильного использования энергии. Солнечные зарядки для гаджетов стали популярным решением для туристов и жителей удаленных районов, обеспечивая доступ к энергии в любых условиях. Уличные светильники на солнечных батареях не требуют подключения к сети, что делает их экономичным и экологичным решением для освещения парков, садов и дорог.

А также существуют и более простые решения, такие как DIY-наборы для сборки солнечных панелей позволяют домохозяйствам самостоятельно создавать энергетические решения, снижая затраты и повышая осведомленность о солнечной энергии.

Можно сделать вывод, что PVT-гибриды и портативные солнечные устройства расширяют возможности использования солнечной энергии, делая ее доступной, эффективной и универсальной для различных нужд [8].

- Интеграция с умными домашними системами

Интеграция солнечных технологий с умными домашними системами позволяет домохозяйствам максимально эффективно использовать энергию, снижая затраты и повышая энергетическую независимость.

Умные инверторы, такие как Tesla Powerwall и Sonnen, играют ключевую роль в управлении энергией, обеспечивая стабильность и оптимизацию работы солнечных систем. Эти устройства не только преобразуют постоянный ток от солнечных панелей в переменный, но и интегрируются с системами хранения энергии, позволяя использовать излишки энергии в ночное время или в периоды пикового спроса.

Гибридные системы, сочетающие подключение к сети с автономными решениями, предлагают домохозяйствам гибкость, позволяя продавать излишки энергии в сеть или использовать их для резервного питания.

Автономные системы, такие как Tesla Powerwall, особенно популярны в регионах с нестабильной энергосетью, обеспечивая надежное энергоснабжение даже в случае отключений.

Подключенные к сети системы, напротив, позволяют домохозяйствам участвовать в программах чистого измерения (net metering), получая компенсацию за избыточную энергию.

Роль IoT (Интернета вещей) в оптимизации потребления энергии становится все более значимой, позволяя домохозяйствам в реальном времени отслеживать и управлять энергопотреблением через смартфоны и другие устройства. IoT-устройства, такие как умные

термостаты и датчики, интегрируются с солнечными системами, автоматически регулируя потребление энергии в зависимости от погодных условий и тарифов.

Например, умные системы могут переносить энергоемкие задачи, такие как стирка или зарядка электромобилей, на периоды с максимальной генерацией солнечной энергии, что повышает общую эффективность системы.

Таким образом, интеграция солнечных технологий с умными домашними системами не только повышает энергоэффективность, но и делает домохозяйства более устойчивыми и независимыми, что является ключевым шагом к энергетическому переходу. [7]

Проблемы и барьеры

- Экономические факторы

Одним из основных барьеров для внедрения солнечных технологий в бытовом секторе остаются высокие первоначальные затраты, несмотря на значительное снижение цен на оборудование за последнее десятилетие.

Стоимость солнечных панелей снизилась на 90% с 2010 года, однако затраты на установку, включая инверторы, монтаж и подключение к сети, все еще могут быть значительными для многих домохозяйств. Государственные субсидии и налоговые льготы, такие как Investment Tax Credit (ИТС) в США, играют ключевую роль в снижении финансовой нагрузки, но их доступность и условия часто меняются, создавая неопределенность для потребителей. Например, в некоторых странах сокращение или отмена субсидий привели к замедлению темпов внедрения солнечных технологий, что подчеркивает зависимость рынка от государственной поддержки.

Сроки окупаемости солнечных систем варьируются от 5 до 10 лет в зависимости от региона, уровня инсоляции, тарифов на электроэнергию и доступности субсидий. В регионах с высокими тарифами на электроэнергию, таких как Калифорния или Германия, сроки окупаемости могут быть значительно короче, что делает солнечные системы более привлекательными для домохозяйств. Однако в странах с низкими тарифами на электроэнергию или недостаточной поддержкой со стороны государства сроки окупаемости могут превышать 10 лет, что снижает мотивацию к установке солнечных систем [5].

Кроме того, нестабильность государственных программ субсидирования может привести к резким колебаниям спроса на солнечные технологии, что создает сложности для производителей и установщиков. Для преодоления этих барьеров необходимы долгосрочные государственные программы поддержки, а также развитие финансовых инструментов, таких как «зеленые» кредиты и лизинговые схемы.

Выходит, что, хотя солнечные технологии и становятся все более доступными, экономические факторы, такие как высокие первоначальные затраты и нестабильность субсидий, остаются ключевыми вызовами для их массового внедрения [9].

- Технические ограничения

Одним из ключевых технических ограничений солнечных технологий является их зависимость от погодных условий, что приводит к непостоянству генерации энергии.

В пасмурные дни или в зимний период эффективность солнечных панелей может снижаться на 50-80%, что требует использования систем хранения энергии или резервных источников. Непостоянство генерации также создает сложности для интеграции солнечной энергии в энергосети, особенно в регионах с высокой долей возобновляемых источников. Для решения этой проблемы активно развиваются технологии аккумуляторных накопителей, таких как Tesla Powerwall, которые позволяют хранить излишки энергии для использования в периоды низкой генерации. Однако высокая стоимость систем хранения энергии остается барьером для их массового внедрения, особенно в развивающихся странах.

В городских условиях дополнительным ограничением является недостаток пространства для установки солнечных панелей, что делает крышные системы и BIPV (интегрированные в здания фотоэлектрические системы) наиболее подходящими решениями. Например, в густонаселенных городах, таких как Нью-Йорк или Токио, площадь крыш часто

ограничена, что требует использования более компактных и эффективных технологий, таких как тонкопленочные панели. Кроме того, затенение от соседних зданий и деревьев может значительно снизить эффективность солнечных панелей, что требует тщательного планирования и использования микроинверторов для оптимизации генерации. В таких условиях важную роль играют умные системы управления энергией, которые позволяют максимизировать использование доступного пространства и минимизировать потери от затенения [10].

Получается, что технические ограничения, такие как зависимость от погоды и нехватка пространства, остаются вызовами, развитие технологий хранения энергии, BIPV и умных систем управления позволяет преодолевать эти барьеры.

- Регуляторные и социальные сложности

Одним из ключевых барьеров для внедрения солнечных технологий являются сложные бюрократические процедуры и правила подключения к энергосетям, которые варьируются в зависимости от страны и региона. В некоторых странах процесс получения разрешений на установку солнечных панелей может занимать несколько месяцев, что отпугивает потенциальных пользователей и увеличивает общие затраты. Например, в США и ЕС существуют программы, упрощающие подключение к сетям, но в развивающихся странах такие процедуры часто остаются сложными и дорогостоящими [8].

Кроме того, правила чистого измерения (net metering), которые позволяют домохозяйствам продавать излишки энергии в сеть, часто меняются, создавая неопределенность для потребителей. Социальные барьеры, такие как мифы о ненадежности солнечных панелей, также замедляют их внедрение, несмотря на доказанную долговечность и эффективность современных систем. Многие потребители ошибочно считают, что солнечные панели не работают в пасмурную погоду или требуют частого обслуживания, что не соответствует действительности. Эстетические предубеждения также играют роль, особенно в городских районах, где домовладельцы опасаются, что панели испортят внешний вид их домов [7].

Однако развитие технологий, таких как интегрированные в здания фотоэлектрические системы (BIPV) и солнечная черепица, позволяет решить эту проблему, сочетая функциональность и дизайн. Для преодоления социальных барьеров необходимы образовательные кампании, которые развеивают мифы и продемонстрируют преимущества солнечных технологий, включая их экономическую выгоду и экологичность [5].

Таким образом, хотя регуляторные и социальные сложности остаются вызовами, их преодоление требует, как упрощения бюрократических процедур, так и повышения осведомленности потребителей.

Будущие тренды и инновации

- Перовскитные солнечные элементы

Одним из самых перспективных направлений в солнечной энергетике являются перовскитные солнечные элементы, которые обещают революционизировать отрасль благодаря своей высокой эффективности и низкой стоимости производства. Перовскитные элементы уже демонстрируют эффективность преобразования энергии свыше 30%, что превышает показатели традиционных кремниевых панелей, и продолжают улучшаться благодаря активным исследованиям. Их производство требует меньше энергии и ресурсов, что делает их более экологичными и дешевыми в сравнении с существующими технологиями.

Кроме того, перовскитные элементы могут быть изготовлены с использованием гибких и легких материалов, что открывает новые возможности для их интеграции в здания, транспорт и даже портативные устройства. Однако для массового производства перовскитных элементов необходимо решить проблемы, связанные с их долговечностью и стабильностью, так как они могут деградировать под воздействием влаги и высоких температур [3].

Ученые активно работают над улучшением стабильности перовскитов, используя защитные покрытия и гибридные материалы, что уже привело к значительному прогрессу в последние годы. В случае успеха перовскитные элементы могут снизить стоимость солнечной энергии до 10 центов за ватт, что делает ее доступной для еще большего числа домохозяйств и предприятий. Массовое производство перовскитных элементов также может стимулировать создание новых рабочих мест и ускорить переход к зеленой экономике, особенно в развивающихся странах.

Уже сейчас такие компании, как Oxford PV и Saule Technologies, активно инвестируют в коммерциализацию перовскитных технологий, планируя начать массовые поставки в ближайшие годы.

По итогу, перовскитные солнечные элементы представляют собой одну из самых многообещающих инноваций в солнечной энергетике, способную значительно повысить эффективность, снизить затраты и ускорить глобальный энергетический переход [8].

- ИИ и оптимизация энергии

Искусственный интеллект (ИИ) становится ключевым инструментом для оптимизации работы солнечных систем, позволяя домохозяйствам и предприятиям максимально эффективно использовать энергию. С помощью прогнозной аналитики ИИ может предсказывать уровень генерации солнечной энергии на основе данных о погоде, что позволяет заранее планировать потребление и минимизировать потери. Например, умные системы на базе ИИ могут автоматически переносить энергоемкие задачи, такие как стирка или зарядка электромобилей, на периоды с максимальной генерацией энергии. Это не только снижает затраты на электроэнергию, но и уменьшает нагрузку на энергосети, особенно в периоды пикового спроса.

ИИ также помогает оптимизировать работу систем хранения энергии, таких как Tesla Powerwall, предсказывая, когда лучше заряжать или разряжать аккумуляторы для максимальной экономии. В умных домах ИИ-алгоритмы интегрируются с IoT-устройствами, такими как термостаты и датчики, чтобы автоматически регулировать освещение, отопление и охлаждение в зависимости от уровня генерации энергии. Например, система может снизить температуру в доме в периоды низкой генерации и повысить ее, когда солнечные панели работают на полную мощность.

Прогнозная аналитика также помогает энергокомпаниям лучше управлять распределением энергии, снижая риски перегрузок и повышая стабильность сетей. В будущем ИИ может стать основой для создания полностью автономных энергетических систем, где солнечные панели, накопители и умные устройства работают в гармонии без вмешательства человека.

Таким образом, ИИ и прогнозная аналитика не только повышают эффективность солнечных систем, но и делают их более удобными и доступными для потребителей, ускоряя переход к устойчивой энергетике. [6]

- Общественные солнечные проекты

Общественные солнечные проекты, такие как коллективные солнечные фермы, предоставляют возможность жителям квартир и многоквартирных домов участвовать в генерации солнечной энергии, даже если они не могут установить панели на своих крышах. Эти проекты позволяют нескольким домохозяйствам совместно инвестировать в солнечную ферму, расположенную на удаленной площадке, и получать долю произведенной энергии, которая засчитывается в их счет за электричество.

Например, в США программы community solar уже активно развиваются, предоставляя доступ к солнечной энергии более чем 3 миллионам домохозяйств, включая арендаторов и жителей многоквартирных домов. Коллективные солнечные фермы особенно популярны в городских районах, где пространство для установки индивидуальных панелей ограничено, а спрос на экологически чистую энергию высок. Такие проекты также поддерживаются государственными программами, такими как налоговые льготы и субсидии, что делает их более доступными для широкого круга потребителей.

В Европе, особенно в Германии и Нидерландах, общественные солнечные проекты активно развиваются благодаря поддержке местных властей и энергетических кооперативов. Участие в коллективных солнечных фермах не только снижает затраты на электроэнергию, но и способствует развитию локальных сообществ, создавая новые рабочие места и стимулируя зеленую экономику. Кроме того, такие проекты повышают осведомленность о преимуществах солнечной энергии, вовлекая больше людей в энергетический переход.

Технологии блокчейна также начинают использоваться в общественных солнечных проектах, позволяя участникам отслеживать и управлять своей долей энергии в режиме реального времени.

Исходя из концепции, коллективные солнечные фермы представляют собой инклюзивное решение, которое делает солнечную энергию доступной для всех, включая жителей квартир, и способствует достижению целей устойчивого развития [8].

Заключение

Солнечные технологии, от крышных панелей до перовскитных элементов и общественных солнечных ферм, становятся все более доступными и эффективными, что делает их ключевым элементом глобального энергетического перехода. За последнее десятилетие стоимость солнечной энергии снизилась на 90%, а ее эффективность значительно выросла благодаря инновациям, таким как гибридные PVT-системы и интеллектуальные решения на базе ИИ. Солнечные технологии не только сокращают выбросы CO₂, но и предоставляют домохозяйствам и предприятиям возможность снизить затраты на электроэнергию, повышая их энергетическую независимость.

Развитие систем хранения энергии, таких как Tesla Powerwall, и интеграция с умными домашними системами позволяют максимально эффективно использовать солнечную энергию, даже в условиях непостоянной генерации. Общественные солнечные проекты и коллективные фермы делают солнечную энергию доступной для жителей квартир и тех, кто не может установить панели на своих крышах, способствуя инклюзивности и социальной справедливости. Несмотря на существующие барьеры, такие как высокие первоначальные затраты, бюрократические сложности и зависимость от погодных условий, развитие технологий и государственная поддержка помогают преодолевать эти вызовы.

Инновации, такие как перовскитные солнечные элементы и прогнозная аналитика на базе ИИ, открывают новые горизонты для повышения эффективности и снижения стоимости солнечной энергии. Солнечные технологии также играют важную роль в создании «зеленых» рабочих мест и стимулировании локальной экономики, особенно в развивающихся странах.

Для достижения целей Парижского соглашения и перехода к нулевым выбросам к 2050 году необходимо дальнейшее развитие солнечной энергетики, включая увеличение инвестиций в R&D и расширение образовательных программ.

Подводя итог можно предположить, что солнечные технологии не только становятся доступнее и эффективнее, но и играют ключевую роль в создании устойчивого и экологически чистого будущего для всех.

Библиографический список

1. ARENA (Australian Renewable Energy Agency) (2021) // Солнечная энергия в удаленных районах [Электронный ресурс] - URL: <https://arena.gov.au/renewable-energy/solar/>
2. Greentech Media (2023) // Оптимизация энергии с помощью ИИ [Электронный ресурс] - URL: <https://www.greentechmedia.com>
3. Nature Energy (2023) // Перовскитные солнечные элементы: потенциал и вызовы [Электронный ресурс] - URL: <https://www.nature.com/nenergy/>
4. PV Magazine (2023) // Инновации в солнечной энергетике: перовскиты и ИИ [Электронный ресурс] - URL: <https://www.pv-magazine.com>

5. Renewable and Sustainable Energy Reviews (2022) // Социальные и экономические аспекты внедрения солнечных технологий [Электронный ресурс] - URL: <https://www.journals.elsevier.com/renewable-and-sustainable-energy-reviews>
6. SEIA (Solar Energy Industries Association) (2023) // Отчет о рынке солнечной энергетики 2023 [Электронный ресурс] - URL: <https://www.seia.org/solar-market-insight-report>
7. Solar Energy Journal (2022) // Прогнозная аналитика для управления солнечной энергией [Электронный ресурс] - URL: <https://www.journals.elsevier.com/solar-energy>
8. Международное агентство по возобновляемой энергии (IRENA) (2022) // Отчет о снижении затрат и инновациях в солнечной энергетике [Электронный ресурс] - URL: <https://www.irena.org/publications>
9. Международное энергетическое агентство (IEA) (2021) // Отчет о солнечной энергии 2021 [Электронный ресурс] - URL: <https://www.iea.org/reports/solar-energy>
10. Национальная лаборатория возобновляемой энергии (NREL) (2023) // Энергохранилища и ИИ в солнечной энергетике [Электронный ресурс] - URL: <https://www.nrel.gov/solar/storage-ai.htmlReferences>

References

1. ARENA (Australian Renewable Energy Agency) (2021) // Solar energy in remote areas [Electronic resource] - URL: <https://arena.gov.au/renewable-energy/solar/>
2. Greentech Media (2023) // Optimization of energy using AI [Electronic resource] - URL: <https://www.greentechmedia.com>
3. Nature Energy (2023) // Perovskite solar cells: potential and challenges [Electronic resource] - URL: <https://www.nature.com/nenergy/>
4. PV Magazine (2023) // Innovations in solar energy: perovskites and AI [Electronic resource] - URL: <https://www.pv-magazine.com>
5. Renewable and Sustainable Energy Reviews (2022) // Social and economic aspects of the introduction of solar technologies [Electronic resource] - URL: <https://www.journals.elsevier.com/renewable-and-sustainable-energy-reviews>
6. SEIA (Solar Energy Industries Association) (2023) // Solar Energy Market Report 2023 [Electronic resource] - URL: <https://www.seia.org/solar-market-insight-report>
7. Solar Energy Journal (2022) // Predictive analytics for solar energy management [Electronic resource] - URL: <https://www.journals.elsevier.com/solar-energy>
8. International Renewable Energy Agency (IRENA) (2022) // Report on cost Reduction and Innovations in solar Energy [Electronic resource] - URL: <https://www.irena.org/publications>
9. International Energy Agency (IEA) (2021) // Solar Energy Report 2021 [Electronic resource] - URL: <https://www.iea.org/reports/solar-energy>
10. National Laboratory of Renewable Energy (NREL) (2023) // Energy storage and AI in solar energy [Electronic resource] - URL: <https://www.nrel.gov/solar/storage-ai.htmlReferences>

УДК 523.46-87

*Воронежский государственный
технический университет
Ассистент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
Э.И. Еникеев
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-915-580-18-76
e-mail: eldar.enikai@yandex.ru
Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
Д.С. Михальков
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-937-706-26-62
e-mail: mihalekdima@gmail.com
Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
М. А. Кузнецов
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-952-550-87-10
e-mail: maxkuz1006@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Assistant of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev
E.I. Yenikeev
Russia, Voronezh, ph.:8-915-580-18-76
e-mail: eldar.enikai@yandex.ru
Student of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev
D.S. Mikhalkov
Russia, Voronezh, ph.: 8-937-706-26-62
e-mail: mihalekdima@gmail.com
Student of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev
M. A. Kuznetsov
Russia, Voronezh, ph.:8-952-550-87-10
e-mail: maxkuz1006@yandex.ru*

Э.И. Еникеев, Д.С. Михальков, М.А. Кузнецов

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛЬДОВ ТИТАНА: ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ, ПОЛУЧЕНИЕ ВОДЫ, КИСЛОРОДА И ИНЫХ ПОПУТНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация: Статья посвящена оценке энергетической эффективности автономного цикла жизнеобеспечения базы на Титане (спутнике Сатурна) с целью создания теоретической базы для дальнейших космических экспедиций, опытов и изобретений. В работе основной акцент направлен на анализ данного спутника, его особенностей, атмосферы, ресурсов, погодных условий и физических параметров. Основная задача работы - проанализировать цикл «добыча водяного льда - электролиз - сжигание метана», посчитав его эффективность для выработки кислорода, воды, азотных удобрений и электроэнергии с помощью электролиза. При этом подчёркивается добыча энергии, преимущественно используя ресурсы самого спутника, тем самым снижая затраты. Предлагаются дополнительные инновационные решения по повышению эффективности данного цикла.

Ключевые слова: Титан, освоение космоса, промышленность в космосе, жизнеобеспечение в космосе

E.I. Enikeev, D.S. Mikhalkov, M.A. Kuznetsov

INTEGRATED PROCESSING OF TITAN'S ICES: ENERGY SUPPLY, PRODUCTION OF WATER, OXYGEN AND OTHER ASSOCIATED PRODUCTS

Abstract: The article is devoted to assessing the energy efficiency of the autonomous life support cycle of a base on Titan (Saturn's moon) in order to create a theoretical basis for further space expeditions, experiments and inventions. The work focuses on the analysis of this satellite, its features, atmosphere, resources, weather conditions and physical parameters. The main task of the work is to analyze the cycle "water ice extraction - electrolysis - methane combustion", calculating its effectiveness for the production of oxygen, water, nitrogen fertilizers and electricity using

electrolysis. At the same time, energy production is emphasized, mainly using the resources of the satellite itself, thereby reducing costs. Additional innovative solutions are proposed to improve the efficiency of this cycle.

Keywords: Titan, space exploration, space industry, space life support.

Рост интереса к освоению космоса, стимулированный успехами в области многоразовых ракетносителей, актуализирует задачу создания автономных поселений за пределами Земли. Изготовление материалов с особыми свойствами в условиях микрогравитации, доступ к огромному количеству ресурсов и создание резервной копии человечества на случай глобальной катастрофы на Земле — все это малая часть основ будущих инноваций.

Особое внимание в рамках программы освоения Солнечной системы уделяется вопросу создания действующего мини-поселения на Марсе. Однако существует объект, представляющий для людей значительно большую практическую ценность, - Титан, крупнейший спутник Сатурна.

Титан обладает рядом уникальных характеристик, делающих его более перспективной площадкой для долгосрочной колонизации по сравнению с Марсом: наличие плотной (с давлением 1,5 атм) атмосферы, обеспечивающей эффективную защиту от космической радиации; огромные запасы жидких углеводородов на поверхности (озера и моря из этана и метана) для промышленных нужд; наличие в большом количестве водяного льда, который может служить источником воды и кислорода; низкие температуры (около -180°C), стабилизирующие многие химические процессы [1, 2].

Вместе с тем колонизация Титана сопряжена с серьезными вызовами, например, отсутствием атмосферного кислорода и жидкой воды на поверхности, экстремально низкими температурами, заставляющими многие материалы становиться хрупкими. И самое главное - удаленность от Земли, делающая регулярные поставки ресурсов экономически невыгодными.

Для устойчивого существования колонии необходима замкнутая система энергообеспечения и непрерывный цикл подачи критически важных ресурсов, таких как вода, кислород и электроэнергия. При этом критически важно минимизировать зависимость от поставок с Земли, сделав поселение максимально автономным.

Целью данного исследования является оценка энергетической эффективности технологического цикла «добыча водяного льда – электролиз - сжигание углеводородов» для обеспечения колонии на Титане кислородом, водой, азотными удобрениями и электроэнергией за счет исключительно локальных ресурсов.

В рамках исследования решаются следующие задачи:

1. Анализ доступных на Титане ресурсов.
2. Расчет энергозатрат на добычу и переработку водяного льда.
3. Моделирование процесса электролиза воды с учетом условий спутника.
4. Оценка энергетического выхода при сжигании местных углеводородов.
5. Анализ баланса энергозатрат и энерговыработки в рамках предложенного цикла.
6. Внесение изменения в цикл добычи и переработки водяного льда для повышения его эффективности.

Научная новизна работы заключается в комплексной оценке замкнутого энергетического цикла применительно к условиям Титана.

Практическая значимость исследования состоит в создании теоретической базы для проектирования систем жизнеобеспечения будущих поселений на Титане, что может существенно снизить стоимость и повысить эффективность долгосрочных космических миссий.

Обзор климатических условий Титана и ресурсной базы

Климатические и атмосферные условия Титана - крупнейшего спутника Сатурна - оказывают определяющее влияние на теплообменные процессы, выбор конструкционных материалов и эффективность работы тепловых машин. Рассмотрим самые важные из них.

Температура поверхности составляет около 94 К (-179°C) [3]. Такой температурный режим способствует переходу веществ, находящихся на Земле в жидкой или газообразной состояниях, в твердую фазу на Титане. Давление же у поверхности составляет 1,45 атм. Сочетание низких температур и высокого давления способствует существованию жидких углеводородов (метана и этана) на поверхности. Так как температура на Титане близка к температуре замерзания метана (-183°C), на данном спутнике метан представлен во всех трех агрегатных состояниях, обеспечивая на единственном теле, помимо Земли, цикл гидрообмена. Состав атмосферы представлен в основном азотом (98,4% N₂), метаном (1,4% CH₄), а также следами водорода (H₂) и других углеводородов [1].

Рассмотрим ресурсную базу Титана. В основном она представлена водой, углеводородами, аммиаком, а также многочисленными органическими соединениями.

Таблица 1

Ресурсы на Титане и информация о них			
Ресурс	Места залегания (расположение)	Доступность для добычи и примечания	Дополнительные параметры
Вода			
Чистый водяной лед	Высокие широты	Обнажается в результате эрозионных событий, доступен при минимальных технических усилиях [3]	Толщина поверхностного слоя ~100-200 м
Криовулканические отложения и аммиачные гидраты в породах	Зоны криовулканической активности, обширные пространства спутника	Смесь воды с аммиаком, затвердевшая порода. Расположены практически повсюду [1, 2]	Соотношение H ₂ O: NH ₃ = 80: 20
Подповерхностные резервуары	Глобальный океан под ледяной корой на глубине 100-200 км	Жидкий водный раствор с высоким содержанием NH ₃ и экстремальной соленостью. Добыча практически невозможна [4]	Температура 250-260 К, соленость >30%
Углеводородные ресурсы			
Метан (CH ₄) и этан (C ₂ H ₆) с примесями пропана, бутена, аргона, азота и других соединений	Приполярные области, северное полушарие Титана; самые крупные	Поверхностные озера и моря доступны для добычи с применением специализированных криогенных технологий	Глубина «водоемов» до 200 м. Крупнейшие: Кракен-Маре, Лигейя-Маре, Пунга-Маре

Добыча воды: общие вопросы и энергетика цикла

Поставим задачу: оптимальная добыча воды на Титане. Чистый водяной лед, хотя и присутствует на Титане, но для его добычи необходимо проводить специальные мероприятия, такие как снятие 3-4 метров поверхностного слоя. Данный слой состоит, в свою очередь, из аммиачных гидратов. Таким образом, мы рассмотрим в первую очередь получение воды именно из аммиачно-водяного льда, так как он неизбежно станет побочным продуктом при добыче чистого водяного льда.

Первой стадией промышленного цикла по получению воды на Титане становится плавление льда. Доля аммиака в льдах Титана составляет 20%, который действует как антифриз: температура плавления/замерзания такого льда составляет -33°C [5, 6]. Оценим затраты энергии на нагревание такого льда от -179°C до -33°C. Необходимо учесть тот факт,

что при указанном температурном диапазоне теплоемкость льда будет являться функцией от температуры [7-9]. Формула для затрат тепла при нагреве примет вид (формула 1):

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} C_p(T) dT, \quad (1)$$

где Q - количество теплоты,

C_p - теплоемкость смеси,

T_1, T_2 - начальная и конечная температура, соответственно.

В свою очередь, используя правило Неймана - Копп, удельную молярную теплоемкость смеси c_p можно представить в следующем виде (формула 2):

$$c_p = c_1 \times \omega_1 + c_2 \times \omega_2, \quad (2)$$

где c_1, c_2 - молярные теплоемкости воды и аммиака,

$\omega_1 = 0,8; \omega_2 = 0,2$ - доли воды и аммиака в смеси.

Известны экспериментальные зависимости теплоемкости аммиака и воды в твердом состояниях от температуры. Эти зависимости весьма сложны, однако в указанном температурном диапазоне их возможно аппроксимировать простыми формулами (формула 3):

$$c_1 = a + (b \times T) + (c \times T^2), \quad (3)$$

Где $a = -6.293 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}$,

$b = 0,22 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}^2}$,

$c = -0,00023 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \times \frac{\text{К}}{\text{моль}}$ и аналогично $c = 15,2 + (0,18 \times T) + (0,0001 \times T^2)$.

Рассчитаем энергию, необходимую для 1 моля нагревания водно-аммиачного льда:

$$Q = \int_{94}^{240} (c_1 \times \omega_1 + c_2 \times \omega_2) dT = 4180 \text{ Дж}$$

Или для 1 кг породы из смеси NH_3 и H_2O :

$$Q = 237,566 \text{ кДж}$$

При температуре -33°C водно-аммиачная смесь начинает плавиться. В первом приближении предположим, что плавится только лед, а аммиак переходит в раствор. Тогда удельная теплота плавления смеси равна $\lambda_{\text{см}} = \omega_1 \times \lambda$, где $\lambda = 334 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. В полученной жидкой смеси воды и аммиака необходимо снизить концентрацию последнего.

Аммиак обладает более низкой температурой кипения, чем вода. Данный факт можно использовать для процесса дистилляции аммиака из смеси.

Для реализации данного процесса предлагается снизить давление возле смеси до 0,5 атм, постепенно нагревая её до -10°C . Так как давление насыщенных паров аммиака при данной температуре $>8,5$ атм, то в условиях нагрева и вакуумирования аммиак начнет интенсивно испаряться, понижая свою концентрацию до 10%. В случае 1 кг исходной смеси испарится 1 кг NH_3 , что потребует 1370 кДж энергии и 49 кДж на нагрев с -33°C до -10°C . Аналогичные процессы уже используются на Земле, однако низкие температуры Титана облегчат процесс конденсации испаряющегося аммиака.

После снижения концентрации аммиака начинается следующий этап цикла - электролиз полученной смеси, который можно разделить на два шага. В присутствии NH_3 процесс электролиза вначале идет без выделения кислорода: аммиак является более сильным восстановителем, чем кислород.

Процесс окисления аммиака весьма сложен. В разных средах могут быть реализованы разные варианты продуктов реакции. Наряду со стандартным и более частым появлением

азота, электролиз аммиака в воде может привести к образованию нитрат и нитрит ионов [10]. Данные соединения крайне важны в производстве удобрений и неизбежно потребуются на Титане.

После окисления NH_3 , и, как следствие, дальнейшего уменьшения концентрации аммиака, в смеси начнут образовываться кристаллы чистого водяного льда. Нагревая и плавя данный лед, мы получим уже чистую воду, после чего начинаем второй этап электролиза - разложение H_2O . Оценим затраты энергии на данные процессы.

Для получения 2 молей водорода требуется 470 кДж (чисто электрическая энергия) или 540 кДж (полная энергия с учетом теплового эффекта) [11]. Учтем, что электролизеры имеют свой КПД, который можно принять за 80%, и тогда истинные затраты на электролиз в ходе реакции $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ составят 675 кДж [12].

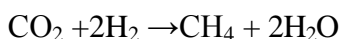
Примем, что у нас был исходный 1 кг смеси, из которого мы получили 0,8 кг воды. Проводя его полный электролиз, будет потрачено примерно 15000 кДж. Напряжение для электролиза с аммиаком составляет в идеальных условиях 0,06 В для холодной смеси, но с достаточно сильным катализатором имеет смысл говорить о 0,12 В, что составляет почти 5% от напряжения для электролиза воды [15]. Отталкиваясь от данных, можно оценить энергию для электролиза аммиака ~750 кДж [15].

Если просуммировать все энергетические траты на обработку смеси водяного льда и аммиака от нагрева до получения кислорода, с учетом нагрева и плавления чистого водяного льда до 0°C мы получим 18690 кДж.

Оценка энергетического выхода от сжигания углеводов

Наиболее простым способом получения энергии на Титане является сжигание метана. Данный углеводород широко распространен на спутнике Сатурна, кислород же для горения был получен при помощи электролиза. В ходе реакции $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ выделяется примерно 801 кДж тепла на моль метана [13]. Учитывая, что у нас 0,8 кг и примерно 44 моль воды, а кислорода 22 моль, то, отдавая весь кислород на сжигание, получим примерно 8910 кДж, что составляет 47,6% от затраченной энергии.

В нашей работе мы предлагаем несколько способов повысить эффективность данного цикла. Согласно исследованиям, на спутниках планет гигантов, в том числе и Титане, имеются залежи металлов [14]. Их наличие открывает возможность использовать несколько иных реакций, таких, например, как реакция Сабатье:



Данная реакция требует нагрева углекислого газа и водорода до 250-300 $^\circ\text{C}$ (затраты на которые - 8-9 кДж) и участия металлических катализаторов. В ходе указанной реакции выделяется 165 кДж. Для 0,8 кг смеси процесс позволяет получить дополнительно 1835 кДж энергии, что в итоге дает 10745 кДж.

Модификация цикла

Для повышения эффективности выработки энергии необходимо наиболее полно использовать ресурсы на всех стадиях цикла. В ходе обработки замерзшей смеси воды и аммиака был выделен дисцилляцией при низком давлении 0,1 кг аммиака, при окислении которого также был получен водород и азот.

Рассмотрим следующий цикл (таблица 2).

Энергетические циклы

Реакция	Энергетический выход реакции, кДж	Полученная энергия для исходного 1 кг смеси водяного - аммиачного льда
Половина полученного кислорода участвует в горении метана при дефиците: $2\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 4\text{H}_2\text{O}$	1100	493
Половина полученного водорода идет на реакцию с азотом из атмосферы и азотом, полученным в результате окисления NH_3 : $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$	92	695
Полученный аммиак из реакции выше, а также аммиак, отделенный дистилляцией вместе со второй половиной кислорода, участвуют в реакции: $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1267	4692
Остальной водород идет на реакцию с угарным газом: $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	206	1626

Особенности предложенных реакций в том, что для их осуществления (кроме горения метана), необходим металлический катализатор и нагрев участвующих газов. Металлы имеются на Титане, а нагрев участников реакций не потребляет много энергии.

Даже с учетом затрат на нагревание аммиака, угарного газа и кислорода в ходе 3 и 4 реакции цикла по сравнению с простым сгоранием метана и реакции Сабатье предложенный цикл имеет выигрш в 150-200 кДж на 1 кг добытой водно-аммиачной смеси.

Заключение

1. В рамках данной работы был дан обзор ресурсной базы Титана и его климатического режима. Выделены ключевые ресурсы для жизнеобеспечения базы-поселения (вода, метан, этан, аммиак) и их расположение. Доступность данных ресурсов имеет большое значение для организации не зависящей от поставок с Земли колонии.

2. Описан способ вычисления тепловых затрат на нагревание и плавление водно-аммиачных смесей - основных источников воды, учтена динамика теплоемкости с изменением температуры: экспериментальные данные были аппроксимированы предложенным многочленом для диапазона температур 94-240К. Полученные при помощи аппроксимационной формулы значения теплоемкости хорошо согласуются с уже известными данными [1, 2].

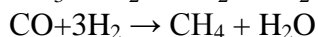
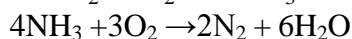
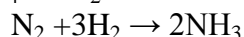
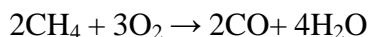
3. Для снижения концентрации аммиака с 20% до 10% предложен режим вакуумной дистилляции при температуре $-10...0^\circ\text{C}$ и давлении 0,5 атм. Выбор температурного интервала обусловлен необходимостью поддержания жидкой фазы на всем протяжении процесса (температура замерзания 10% раствора составляет -25°C) при минимизации энергозатрат на нагрев. Давление в системе поддерживается ниже равновесного давления паров аммиака (3,5-5 кПа при указанных температурах), что создает движущую силу для массопереноса.

4. Выполнен расчет и оценка энергетических затрат на осуществление электролиза воды, составляющие ~ 16500 кДж на кг исходного сырья - водно-аммиачной смеси. Рассмотрены характерные особенности при наличии в воде аммиака, такие как окисление аммиака вперед кислорода, и формирование на электродах азота. Наличие аммиака в воде увеличивает затраты на электролиз примерно на 5%.

5. Дана оценка получаемых при сжигании метана энергий, предложен промышленный

цикл с обширным вовлечением местных ресурсов Титана, позволяющее повысить его энергетический выход. Цикл состоит из следующих шагов:

- I. Нагрев смеси водяного льда с примесью аммиака.
- II. Дистилляция жидкой смеси при пониженном давлении и постепенным нагревом до -10°C .
- III. Проведение первого этапа электролиза, образование N_2 и H_2 .
- IV. Нагрев полученного водяного льда и его плавление.
- V. Проведение второго этапа электролиза- электролиз чистой воды.
- VI. Реализация четырех химических реакций:



6. Анализ полученных энергий в ходе сжигания метана (10700 кДж-10900 кДж) показал, что данный процесс не обеспечивает достаточного полного покрытия потребностей цикла по получению воды (18690) - 47-49% от затрачиваемой энергии. Возможные пути решения энергодефицита лежат в использовании «водоемов» Титана в аналоге земной гидроэнергетики.

Библиографический список

1. G. Mitri et al. Hydrocarbon Lakes on Titan / G. Mitri // Icarus. - Elsevier, 2007. - Vol. 186, no. 2. - P. 38-394. - doi:10.1016/j.icarus.2006.09.004.
2. Barnes, Jason W.; Brown, Robert H.; et al. Global-scale surface spectral variations on Titan seen from Cassini / VIMS // Icarus: journal. - Elsevier, 2006. - January (vol. 186, no. 1).
3. Lapôtre, M. G. A., Malaska, M. J., & Cable, M. L. (2022). The role of seasonal sediment transport and sintering in shaping Titan's landscapes: A hypothesis. Geophysical Research Letters, 49, e2021GL097605 [Электронный ресурс] – URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021GL097605>
4. Fortes, A.D. Exobiological implications of a possible ammonia-water ocean inside Titan // Icarus: journal. - Elsevier, 2000. - Vol. 146, no. 2. - P. 444-452. - doi:10.1006/icar.2000.6400.
5. D. Cordier; O. Mousis; J.-I. Lunine; P. Lavvas; V. Vuitton (2009). An estimate of the chemical composition of Titan's lakes. - ArXiv:0911.1860
6. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Таблицы свойств холодильных агентов: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 52 с.
7. Roy Overstreet, W.F. Giauque. Ammonia. The Heat Capacity and Vapor Pressure of Solid and Liquid. Heat of Vaporization. The Entropy Values from Thermal and Spectroscopic Data / Roy Overstreet, W.F. Giauque // Journal of the American Chemical Society. – 1937. - №59 (2). – P. 254-259. - DOI: 10.1021/ja01281a008 [Электронный ресурс] – URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja01281a008>
8. Liu H., Yang C.-J., Dong C.-L., Wang J., Zhang X., Lyalin A., Taketsugu T., Chen Z., Guan D., Xu X., Shao Z., Huang Z. Electrocatalytic Ammonia Oxidation to Nitrite and Nitrate with NiOOH-Ni // Advanced Energy Materials. - 2024. - Vol. 14, no. 40. - P. 2401675. - DOI: 10.1002/aenm.202401675
9. Плотность льда и снега, теплопроводность, теплоемкость льда // Справочник по свойствам веществ и материалов [Электронный ресурс] – URL: <http://thermalinfo.ru/svojstva-materialov/materialy-raznye/plotnost-lda-i-snega-teploprovodnost-teploemkost-lda>
10. Лед и снег (водяной лед) // Инженерный справочник [Электронный ресурс] – URL: <https://dpva.ru/Guide/GuideMatherials/IceAndSnow/?ysclid=mnxfi97ty1550726944>
11. Феоктистов Н.А., Кокорин В.В., Варламов И.В. Методика расчета и проектирования

- кислородно-водородных сварочных станций малой мощности до 1 кВт / Н.А., Феоктистов, В.В. Кокорин, И.В. Варламов // Вестник евразийской науки. - 2011. - №2 (7) - [Электронный ресурс] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-i-proektirovaniya-kislorodno-vodorodnyh-svarochnyh-stantsiy-maloy-moschnosti-do-1-kvt>
12. Водород в частных домохозяйствах: правда и преувеличения // АГС: сайт [Электронный ресурс] - URL: <https://agse.ru/info/vodorod-v-chastnykh-domokhozyaystvakh-pravda-i-preuvelicheniya/?ysclid=mnxfqlesif453700622>
 13. Тепловой эффект химической реакции. Основные законы термохимии // Химический факультет НГУ: сайт [Электронный ресурс] - URL: <http://www.hemi.nsu.ru/text211.htm>
 14. Кусков О.Л., Дорофеева В.А., Кронрод В.А., Макалкин А.Б. Системы Юпитера и Сатурна: Формирование, состав и внутреннее строение крупных спутников / Отв. ред. М. Я. Маров. - М.: Издательство ЛКИ, 2009. - 576 с.
 15. Jury J. Medvedev, Yulia Tobolovskaya and Xenia V. Medvedeva et al. Pathways of ammonia electrooxidation on nickel hydroxide anodes and an alternative route towards recycled fertilizers. Green Chem. - 2022. - Vol. 24(4):1578-1589. - DOI: 10.1039/D1GC04140A [Электронный ресурс] - URL: <https://www.scienceopen.com/document?vid=166867ca-7169-4779-8b48-764a7bb280b1>

References

1. G. Mitri et al. Hydrocarbon lakes on Titan / G. Mitri // Icarus. - Elsevier, 2007. - Volume 186, No. 2. - pp. 38-394. - doi:10.1016/j.icarus.2006.09.004.
2. Barnes, Jason W.; Brown, Robert H.; et al. Changes in the spectrum of Titan's surface on a global scale, observed using Cassini / VIMS // Icarus: journal. - Elsevier, 2006. - January (volume 186, No. 1).
3. Lapotre, M. G. A., Malaska, M. J., Cable, M. L. (2022). The role of seasonal precipitation transport and sintering in the formation of Titan's landscapes: a hypothesis. Letters on Geophysical research, 49, e2021GL097605 [Electronic resource] - URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021GL097605>
4. Fortes A.D. Exobiological consequences of the possible existence of an ammonia-water ocean inside Titan // Icarus: Journal. Elsevier, 2000. Volume 146, No. 2. pp. 444-452. doi:10.1006/icar.2000.6400.
5. D. Cordier; O. Musis; J.-I. Lunin; P. Lavvas; V. Witton (2009). Assessment of the chemical composition of Titan lakes. - Archive: 0911.1860
6. Tsvetkov O.B., Laptev Yu.A. Tables of properties of refrigerating agents: Textbook.-method. stipend. St. Petersburg: ITMO Research Institute; IHiBT, 2013. 52 p.
7. Roy Overstreet, W.F. Giauk. Ammonia. The heat capacity and vapor pressure of a solid and liquid. The heat of vaporization. Entropy values based on thermal and spectroscopic data / Roy Overstreet, W.F. Giauk //Journal of the American Chemical Society. - 1937. - №59 (2). - Pp. 254-259. - DOI: 10.1021/ja01281a008 [Electronic resource] - URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja01281a008>
8. Liu H., Yang K.-J., Dong K.-L., Wang J., Zhang H., Lialin A., Taketsugu T., Chen Z., Guan D., Xu H., Shao Z., Huang Z. Electrocatalytic oxidation of ammonia to nitrite and nitrate nitrate using NiOOH-Ni // Advanced energy materials. - 2024. - Volume 14, No. 40. - page 2401675. - DOI: 10.1002/aenm.202401675
9. Density of ice and snow, controllability, heat capacity of ice // Public relations specialist and materials [Electronic resource] - URL: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/materialy-raznye/plotnost-lda-i-snega-teploprovodnost-teploemkost-lda>
10. Ice and night (water ice) // Engineering reference book [Electronic resource] - URL: <https://dpva.ru/Guide/GuideMatherials/IceAndSnow/?ysclid=mnxfi97ty1550726944>
11. Feoktistov N.A., V. Kokorin.V., And Varlamov.V. Methodology of calculation and design of oxygen-hydrogen welding stations of low power up to 1 kW / N.A., Feoktistov, V.V. Kokorin,

- I.V. Varlamov // Bulletin of Eurasian Science. - 2011. - №2 (7) - [Electronic resource] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-i-proektirovaniya-kislorodno-vodorodnyh-svarochnyh-stantsiy-maloy-moschnosti-do-1-kyt>
12. Hydrogen in private households: power and superiority // AGS: website [Electronic resource] - URL: <https://agse.ru/info/vodorod-v-chastnykh-domokhozyaystvakh-pravda-i-preuvelicheniya/?ysclid=mnxfqlesif453700622>
13. Thermal effect of chemical reaction. The main secrets of pharmacology // Chemical reference book of NSU: website [Electronic resource] - URL: <http://www.hemi.nsu.ru/text211.htm>
14. Kuskov O.L., Dorofeeva V.A., Kronrod V.A., Makalkin A.B. The Jupiter and Saturn systems: Formation, composition and internal structure of large satellites / Ed. by M. Ya. Marov. - M.: LKI Publishing House, 2009. - 576 p.
15. Yuri Yurievich Medvedev, Yulia Tobolovskaya, Ksenia Vladimirovna Medvedeva, and others. Methods of electrooxidation of ammonia on nickel hydroxide anodes and an alternative way to obtain secondary fertilizers. Green chemistry. - 2022. - Volume 24(4):1578-1589. - DOI: 10.1039/D1GC04140A [Electronic resource] - URL: <https://www.scienceopen.com/document?vid=166867ca-7169-4779-8b48-764a7bb280b1>.

УДК 621.311.243

*Воронежский государственный
технический университет*

*Ассистент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суворцева*

Э.И. Еникеев

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-915-580-18-76

e-mail: eldar.enikai@yandex.ru

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суворцева*

А.В. Перепеченая

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-906-584-23-45

e-mail: annperepech766@gmail.com

Voronezh State

Technical University

*Assistant of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev*

E.I. Yenikeev

Russia, Voronezh, ph.: 8-915-580-18-76

email: eldar.enikai@yandex.ru

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

A.V. Perepechenaya

Russia, Voronezh, ph.: 8-906-584-23-45

email: annperepech766@gmail.com

Э.И. Еникеев, А.В. Перепеченая

ПРЕДЕЛЫ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗГОНА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДО ОКОЛОСВЕТОВЫХ СКОРОСТЕЙ

Аннотация: Статья посвящена оценке возможности использования солнечных батарей для разгона космического корабля до релятивистских скоростей. Выполнены расчеты необходимой энергии с учетом релятивистских поправок и проведено ее сравнение с реальными энергетическими ресурсами Земли и с мощностью существующих солнечных батарей. Предложена математическая модель зависимости мощности солнечной батареи от удаления от Солнца. На основе моделирования и сравнительного анализа сделан вывод о принципиальной ограниченности применения солнечных батарей для задачи разгона до релятивистских скоростей и обозначены направления поиска альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: солнечные батареи, космос, межзвёздные перелёты, солнечная энергетика.

E.I. Yenikeev, A.V. Perepechenaya

LIMITS OF SOLAR PANELS' CAPABILITIES: SIMULATION OF ENERGY SUPPLY FOR SPACECRAFT ACCELERATION TO NEAR-LIGHT SPEEDS

Abstract: The article is devoted to the assessment of the possibility of using solar panels to accelerate a spacecraft to relativistic speeds. Calculations of the required energy have been performed taking into account relativistic corrections and its comparison with the real energy resources of the Earth and with the capacity of existing solar panels has been carried out. A mathematical model of the dependence of solar battery power on distance from the Sun is proposed. Based on modeling and comparative analysis, it is concluded that the use of solar panels for the task of acceleration to relativistic speeds is fundamentally limited and the directions of the search for alternative energy sources are outlined.

Keywords: solar panels, space, interstellar flights, solar energy.

В современной космонавтике вопрос межзвездных перелетов остается одной из самых сложных и амбициозных задач. Несмотря на значительные успехи в исследовании ближнего

космоса, на сегодняшний день нет технологий, позволяющих осуществить пилотируемую экспедицию к другим звездам за время, сопоставимое с продолжительностью жизни человека. Однако, актуальность путешествий в дальний космос обусловлена несколькими фактами.

Во-первых, исследование других звездных систем может дать принципиально новые знания о формировании и эволюции планет, распространении органических соединений, исследовать некоторые вопросы о возникновении жизни на Земле, дать толчок развития астрофизики. Во-вторых, в долгосрочной перспективе освоение новых миров может стать стратегической необходимостью для выживания человечества как вида, например, в случае глобальных катаклизмов на Земле. В-третьих, развитие технологий межзвездных полетов стимулирует прогресс в смежных областях науки и техники: материаловедении, энергетике, физике высоких энергий и системах жизнеобеспечения.

Ключевым препятствием на пути к межзвездным путешествиям является колоссальное расстояние до ближайших звезд. К примеру, до Проксима Центавра - ближайшей к Солнцу звезды - около 4.24 световых лет. Использование традиционных химических ракетных двигателей приведет к тому, что время полета составит десятки тысяч лет, что делает такие экспедиции нереализуемыми.

Именно поэтому становится важной разработка методов разгона космических аппаратов до скоростей, сопоставимых со скоростью света. Достижение даже половины световой скорости сократит время путешествия: полет к Проксима Центавра составит десять лет вместо десятков тысяч. Это переводит межзвездные экспедиции из области научной фантастики в категорию потенциально осуществимых проектов.

Основная задача данной работы состоит в оценке энергетических затрат, необходимых для разгона скорости 0,1с, 0,5с, 0,9с, а также анализу возможного использования в качестве источника энергии солнечных батарей. В рамках исследования рассмотрены:

- релятивистские эффекты, влияющие на динамику разгона при приближении к световой скорости;
- расчет полной энергии, требуемой для достижения заданной скорости с учетом релятивистских поправок;
- анализ реалистичности достижения подобных энергозатрат при помощи использования солнечных батарей.

Полученные оценки позволят лучше понять масштабы технологических вызовов, стоящих перед разработчиками межзвездных аппаратов, и очертить направления дальнейших исследований в этой области.

Обзор существующих типов солнечных батарей

В современной космической технике солнечные батареи давно нашли свое применение. Они обеспечивают энергией Международную космическую станцию и спутники связи. Также солнечные батареи активно используются в двигателях со статичным плазменным разрядом (SPT) - классическом «холловском» двигателем с длинной кольцевой камерой на аппаратах, отправляемых к Марсу, и спутникам планет-гигантов. Рассмотрим основные существующие типы солнечных батарей [1, 2].

Таблица 1

Обзор существующих солнечных батарей

Тип солнечной панели	Материал и технология изготовления	Особенности конструкции	КПД	Преимущества
Монокристаллические	Изготовлены из одиночных чистых кристаллов кремния	Однородная темная поверхность, скруглённые углы	18-24% и выше	Высокая эффективность при слабом или рассеянном освещении, устойчивость к высоким температурам; долгий срок службы - сохраняют 90% режима работы в течение 10 лет

Продолжение таблицы 1

Тип солнечной панели	Материал и технология изготовления	Особенности конструкции	КПД	Преимущества
Поликристаллические	Создаются из расплава кремния с последующим охлаждением, образующим миллионы кристаллов разной ориентации	Характерный синий оттенок, менее однородная структура	15-18%	Более доступная стоимость; меньшая зависимость от идеальных условий освещения по сравнению с монокристаллическими
Тонкопленочные	Активный слой веществ нанесён на гибкую подложку (стекло, металл, пластик), часто используется аморфный кремний	Гибкость, легкость, возможность нанесения на различные поверхности	10-13%	Гибкость и лёгкость конструкции; хорошая работа при высоких температурах
На основе редких металлов (теллурид кадмия, селенид сплава из индия, меди и галлия)	Использование редких металлов и их соединений	Зависит от технологий производства и подложки	25-35%, иногда 40%	Самый высокий КПД; перспективность для специализированных и высокоэффективных систем

На сегодняшний день существуют экспериментальные образцы двигателей, более эффективных, чем холловские [3]. Например, магнитоплазменные двигатели представляют собой перспективный тип электроракетных двигателей, в которых плазма ускоряется за счет совместного действия магнитного поля и электрического тока. Ключевое преимущество таких двигателей - высокая скорость истечения рабочего тела 50-100 км/с и более. Именно для такого типа двигателей мы предполагаем использование солнечных батарей в качестве источника энергии [4].

Оценка необходимой энергии для достижения релятивистских скоростей

Посчитаем энергию для разгона космического аппарата до $v=0.1c$; $0.5c$; $0.9c$, где c – скорость света равная 3×10^8 м/с. Для ее нахождения мы будем использовать формулу для нахождения кинетической энергии в релятивистском случае:

$$E = \frac{m \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m \cdot c^2 \quad (1)$$

Принимая массу аппарата за 100 кг, получим:

$$\begin{array}{l}
 m = 100 \text{ кг} \\
 v_1 = 0,1 \times c \\
 v_2 = 0,5 \times c \\
 v_3 = 0,9 \times c
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 E_1 = \frac{100 \times (3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - \frac{(0,1 \times 3 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}} - 100 \times (3 \times 10^8)^2 = 0,04534 \times 10^{18} = 45,34 \times 10^{15} \text{ (Дж)} \\
 E_2 = \frac{100 \times (3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - \frac{(0,5 \times 3 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}} - 100 \times (3 \times 10^8)^2 = 1,39230 \times 10^{18} = 1392,3 \times 10^{15} \text{ (Дж)} \\
 E_3 = \frac{100 \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{\sqrt{1 - \frac{(0,9 \times 3 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}} - 100 \times (3 \times 10^8)^2 = 11,647416 \times 10^{18} = \\
 = 11647,416 \times 10^{15} \text{ (Дж)}
 \end{array}
 \right.$$

Посчитаем полезную мощность солнечных панелей (аналогичным панелям на МКС) по формуле:

$$P_{\text{п-ая}} = C \times S \times \mu, \quad (2)$$

где C – солнечная постоянная: для Земли равна $1360 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$, а для Меркурия $9100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$;

S – площадь солнечных панелей равная 2500м^2 ;

$\mu = 8\%$.

$P_{\text{п-ая}} = 1360 \times 2500 \times 0,08 = 272000 \text{ (Вт)} = 272 \text{ (кВт)}$ – для Земли;

$P_{\text{п-ая}} = 9100 \times 2500 \times 0,08 = 1820000 \text{ (Вт)} = 1820 \text{ (кВт)}$ – для Меркурия.

Для проведения дальнейших расчетов необходимо учесть важный фактор, а именно спад мощности солнечных батарей при удалении от Солнца. Предположим, космический аппарат с нулевой скоростью расположен на орбите Меркурия. Расположенные на нем солнечные батареи вырабатывают полезную мощность $P_0 = C_0 S \mu$, $C_0=9100 \text{ Вт/м}^2$. Мощность солнечного излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния между аппаратом и Солнцем. Таким образом, получаемую от батарей мощность можно представить как

$$P = \frac{k}{r^2}, \quad (3)$$

Где k - константа;

r - расстояние.

Мы можем просто оценить константу k : $P_0 = \frac{k}{r_0^2} = C_0 S \mu$.

r_0 – расстояние от Солнца до орбиты Меркурия, тогда $k = r_0^2 C_0 S \mu$.

Мощность возможно определить как производную от кинетической энергии:

$$\frac{dE_k}{dt} = P, \quad (4)$$

Исходя из вида зависимости мощности от расстояния, мы можем в (4) перейти к производной от r :

$$\frac{dE_k}{dt} = v \frac{dE_k}{dr}$$

Учтем, что

$$E = E_k + mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma mc^2$$

И выразим скорость как функцию кинетической энергии:

$$v(E_k) = c \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E_k + mc^2} \right)^2} \quad (5)$$

Проинтегрируем уравнение (4) с учетом всего вышесказанного:

$$\int_0^{E_k} c \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E_k + mc^2} \right)^2} dE_k = \int_{r_0}^{r_1} \frac{k}{r^2} \quad (6)$$

Сделаем замену:

$$dE_k = dE = mc^2 dy$$

И тогда выражение (6) примет вид:

$$\int_0^E c \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E}\right)^2} dE = \int_{r_0}^{r_1} \frac{k}{r^2}$$

Заметим, что левую часть можно привести к интегралу по γ :

$$mc^3 \int_1^{\gamma} \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma} d\gamma = \int_{r_0}^{r_1} \frac{k}{r^2}$$

Интеграл в правой части легко взять, а для левой вводим замену $\gamma = \text{ch}(y)$:

$$\begin{aligned} \int_1^{\gamma} \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma} d\gamma &= \int \frac{\text{sh}(y)^2}{\text{ch}(y)} dy = \int \text{ch}(y) dy - \int \frac{1}{\text{ch}(y)} dy \\ \int \frac{1}{\text{ch}(y)} dy &= \int \frac{2dy}{e^y + e^{-y}} = \int \frac{2e^y dy}{e^{2y} + 1} = 2 \int \frac{dU}{U^2 + 1} = 2 \arctan(U) \\ \int \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma} d\gamma &= \sqrt{\gamma^2 - 1} - 2 \arctan(\gamma + \sqrt{\gamma^2 - 1}) \end{aligned}$$

Проводя обратные замены, и принимая $v=0.5c$, $\gamma = \frac{2}{\sqrt{3}}$ получим:

$$mc^3 \left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{\pi}{6} \right) = \frac{k}{r_0} - \frac{k}{r_1}$$

И выразим конечное расстояние, на котором должен быть космический аппарат после набора требуемой скорости:

$$r_1 = \frac{C_0 r_0^2 \mu S}{C_0 r_0 \mu S - mc^3 \left(\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{\pi}{6} \right)}$$

Знаменатель данного выражения должен быть больше нуля, однако такое условие будет выполнено только при $\frac{S}{m} > 6.87 \times 10^{18}$, следовательно, на 1 м² батарей должно приходиться ~10⁻¹⁸ кг массы! Такой результат вряд ли будет возможен для реальных батарей.

Приведенные выше соображения показывают невозможность использования солнечных батарей для достижения околосветовых скоростей. Но расчеты по формуле (1) позволяют предложить иной путь. Потребности города миллионника в электроэнергии в год составляют в среднем 7-8 млрд кВт*час. Подобные энергозатраты покрывает атомная электростанция. Энергии, которую вырабатывают в год 48 АЭС как раз равна энергии, необходимой для разгона корабля массой 100 кг до половины скорости света. Разумеется, необходимо сделать поправку на запасы топлива, необходимые для перелета, и затраты энергии будут в разы больше. Однако хотя бы теоретически ядерная энергетика способна сделать межзвездные миссии реальными.

Заключение

1. Определено, что для разгона космического аппарата до скорости 0.5c требуется количество энергии, сопоставимое с годовой выработкой примерно 50 атомных электростанций. Это демонстрирует колоссальный масштаб энергозатрат, необходимых для реализации межзвездных перелётов на околосветовых скоростях.
2. Обзор существующих типов солнечных панелей (монокристаллических, поликристаллических, тонкоплёночных, на основе редких металлов) выявило, что даже наиболее эффективные из них (с КПД до 40%) не способны обеспечить требуемую мощность в условиях реального космического полёта.

3. Анализ показал, что использование солнечных батарей для разгона до околосветовых скоростей теоретически возможно лишь при достижении экстремально высокого соотношения площади батарей к массе корабля - порядка нескольких триллионов м. На практике реализация такого соотношения невозможна с учётом ограничений по массе и габаритам при выводе на орбиту, деградации материалов под воздействием космической радиации и микрометеоритов, сложностей с развёртыванием и поддержанием целостности столь масштабных конструкций.
4. Общие ограничения технологии. Подтверждена принципиальная ограниченность применения солнечных батарей для задач межзвёздного разгона из-за обратной пропорциональности мощности излучения от квадрата расстояния до Солнца.

Библиографический список

1. КПД солнечных батарей // Интернет-магазин солнечных электростанций и компонентов к ним [Электронный ресурс] – URL: <https://reenergo.ru/stati/kpd-solnechnyh-batarey/>
2. Монокристаллические и поликристаллические солнечные панели: в чем разница и что выбрать // Накопители электроэнергии VOLTS – резервное питание для дома и дачи [Электронный ресурс] – URL: <https://voltsbattery.ru/statii/monokristallicheskie-i-polikristallicheskie-solnechnye-paneli-v-chem-raznica-i-chto-vybrat/>
3. Ромаданов И., Райцес Е., Смоляков А. Управление когерентными структурами путем внешнего контроля ионизационных колебаний / И. Ромаданов, Е. Райцес, А. Смоляков // Физика плазмы. - 2019. - Т. 45, № 2. - С. 146-159 [Электронный ресурс] – URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=fizplaz&y=2019&v=45&n=2&a=FizPlaz1902015Romadanov>
4. Егоров И. Плазменные ракетные двигатели: прошлое, настоящее и будущее / И. Егоров // Статьи о науке простыми словами от сотрудников НИЯУ МИФИ [Электронный ресурс] – URL: <https://stars.mephi.ru/tpost/22ffg0bp71-plazmennie-raketnie-dvigateli-proshloe-n>

References

1. EFFICIENCY of solar panels // Online store of solar power plants and their components [Electronic resource] – URL: <https://reenergo.ru/stati/kpd-solnechnyh-batarey/>
2. Monocrystalline and polycrystalline solar panels: what is the difference and what to choose // VOLTS electric power storage devices – backup power for homes and cottages [Electronic resource] – URL: <https://voltsbattery.ru/statii/monokristallicheskie-i-polikristallicheskie-solnechnye-paneli-v-chem-raznica-i-chto-vybrat/>
3. Romadanov I., Raitses E., Smolyakov A. Control of coherent structures by external control of ionization vibrations / I. Romadanov, E. Raitses, A. Smolyakov // Plasma Physics. - 2019. - Т. 45, No. 2. - pp. 146-159 [Electronic resource] – URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=fizplaz&y=2019&v=45&n=2&a=FizPlaz1902015Romadanov>
4. Egorov I. Plasma rocket engines: past, present and future / I. Egorov // Articles about science in simple words from the staff of the National Research Nuclear University MEPhI [Electronic resource] – URL: <https://stars.mephi.ru/tpost/22ffg0bp71-plazmennie-raketnie-dvigateli-proshloe-n>.

УДК 004.8

*Воронежский государственный
технический университет
Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суворцева
А.Е. Ещенко
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-980-347-01-97
e-mail: aeshenko@bk.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev
A.E. Yeshchenko
Russia, Voronezh, ph.:8-980-347-01-97
e-mail: aeshenko@bk.ru*

А.Е. Ещенко

ОШИБКИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИИ В РАЗРАБОТКУ В ИГРОВОЙ ИНДУСТРИИ

Аннотация: В последние годы тема внедрения искусственного интеллекта (ИИ) стала одной из центральных в общественном дискурсе. Многие компании от малого бизнеса до крупных корпораций открыто говорят о том, что заменяют части рабочих процессов алгоритмами и машинным обучением. Это выглядит как логичное развитие технологий: зачем тратить время и ресурсы, если машины могут выполнять работу быстро и, казалось бы, эффективно? Тем не менее, возникает фундаментальный вопрос – насколько разумно отдать полностью управление проектом в руки технологий? Этот вопрос особенно остро встает в отраслях, где креатив и человеческий фактор традиционно считались ключевыми – например, в создании видеоигр.

Проект «Dragon Age: The Veilguard» стал одной из самых обсуждаемых игр последних лет – не только как крупный проект BioWare и Electronic Arts, но и как пример того, что даже самые талантливые команды могут столкнуться с провалом. Несмотря на высокие ожидания общественности и обещания инноваций, игра не достигла тех коммерческих высот, на которые рассчитывали разработчики и издатель. Это открывает окно для анализа: что именно пошло не так? Как можно соотнести ошибки в разработке с тенденциями полной автоматизации процессов, в том числе с применением ИИ?

Актуальность подобного анализа заключается не только в обсуждении одной игры: это часть более широкой дискуссии о том, можно ли безоговорочно доверять проектам будущего полностью алгоритмам, или же человеческое участие всё ещё остается незаменимым. Эта статья предложит критический взгляд на одну из крупнейших игровых проваленных историй, исследуя её в контексте технологических ожиданий и реальных ограничений.

Ключевые слова: искусственный интеллект, внедрение искусственного интеллекта, игровая индустрия.

A.E. Eshchenko

ERRORS IN IMPLEMENTING AI IN THE GAMING INDUSTRY

Abstract: In recent years, the topic of artificial intelligence (AI) has become central to public discourse. Many companies, from small businesses to large corporations, have openly acknowledged the replacement of parts of their work processes with algorithms and machine learning. This seems like a logical development of technology: why waste time and resources when machines can perform tasks quickly and seemingly efficiently? However, a fundamental question arises: is it wise to fully entrust project management to technology? This issue is particularly acute in industries where creativity and human factors have traditionally been considered key, such as video game development.

«The Dragon Age: The Veilguard» project has become one of the most talked-about games of recent years, not only as a major project by BioWare and Electronic Arts, but also as an example of

how even the most talented teams can face failure. Despite high expectations from the public and promises of innovation, the game did not reach the commercial heights that the developers and publisher had hoped for. This opens up a window for analysis: What exactly went wrong? How can we relate the development errors to the trend of complete automation, including the use of AI?

The relevance of such an analysis is not limited to discussing a single game: it is part of a broader discussion about whether we can unconditionally trust future projects to algorithms, or whether human involvement is still indispensable. This article offers a critical perspective on one of the largest gaming failures, examining it in the context of technological expectations and real-world limitations.

Keywords: artificial intelligence, implementation of artificial intelligence, and the gaming industry.

Игровая индустрия всегда была передовой областью в сфере технологических инноваций. С момента появления первых игр, приставок и аркадных автоматов разработчики игр стремились использовать новые и инновационные инструменты для создания более захватывающих игр и сюжетов, чтобы вызывать яркие впечатления у пользователей. С развитием компьютерной графики игры стали более реалистичными, а затем и с внедрением машинного обучения появились первые элементы адаптивного поведения персонажей, процедурной генерации уровней и автоматического баланса игрового процесса, которые позволили создавать игры с большей проработкой сюжета, что привлекает пользователей и позволяет выделяться на игровом рынке, однако заставляет находиться в постоянном поиске новых технологий и совершенствовании существующих технологий.

В последние годы технологии искусственного интеллекта, в частности, большие языковые модели и генеративные инструменты, все чаще обсуждаются в контексте автоматизации некоторых этапов процесса разработки и проектирования игр, таких как написание диалогов, генерация ресурсов или адаптация игрового поведения к стилю игрока для того, чтобы повышать лояльность пользователя к происходящему в игре. Важно при этом обращать внимание как на потенциал искусственного интеллекта для улучшения игровых систем, так и связанные с этим этические и практические соображения, такие как предвзятость и непредсказуемость в поведении искусственного интеллекта или проблемы с прозрачностью логики генерации контента.

В игровой индустрии не отрицают, что искусственный интеллект уже играет значительную роль при разработке игрового контента, однако важно определить каковы допустимые границы проникновения искусственного интеллекта в процесс разработки, а также определить, возможна ли полная замена людей в задачах, требующих креативности, или же данная идея является скорее утопической и научно-фантастической, а также определить, насколько данная идея является реалистично достижимой. Искусственный интеллект уже сейчас может выполнять рутинные (тестирование, локализация, обнаружение ошибок) и аналитические задачи быстрее, чем человек, что открывает большое пространство для технологического творчества в использовании искусственного интеллекта, а также может помогать в создании вспомогательных набросков (начальные версии диалогов, подсказки для сценаристов).

При этом в игровой индустрии большую часть работы можно отнести скорее к творческой (написание сценариев, продумывание сюжета и дополнительных сюжетных линий, характер персонажей, которым пользователи будут сопереживать и с которыми они будут себя ассоциировать, прорисовка окружения, игрового мира, создание дизайн-кода), что, как правило, требует интуиции, сопереживания и человечности, понимания эмоций людей и умения эмоции вызвать и предсказать.

«Dragon Age: The Veilguard» является четвертой основной игрой в культовой серии ролевых игр от BioWare, выпущенная 31 октября 2024 года. Это продолжение игры «Dragon Age: Inquisition», выпущенное спустя десять лет после первой игры, вокруг которой наводилась интрига. Игра представляет собой приключенческую RPG (от английского role-

playing game или «ролевая игра») для одного игрока с продуманным до деталей сюжетом, персонажами и фантастическим миром под названием Thedas [8].

Разработка проекта была одним из самых длительных и сложных циклов в истории BioWare. Первоначально игра носила кодовое название «Joplin» и задумывалась как глубоко реактивная, с важными последствиями решений игрока. Однако с течением времени проект неоднократно менялся, и в итоге решения руководства Electronic Arts повлияли на переход от однопользовательской игры к концепции онлайн-сервиса, а затем обратно к однопользовательской RPG. Эти перезапуски и изменение видения значительно усложнили разработку.

Попытки радикальных изменений в конечном итоге привели к фрагментации проекта, несогласованности видения конечного результата и затруднили создание целостного опыта, которого ожидают пользователи на текущем рынке игр.

В условиях такого дисбаланса возникали ситуации, когда технологические решения, в том числе связанные с автоматизацией или потенциальным использованием искусственного интеллекта, внедрялись в различные аспекты разработки игр без четкого понимания того, как они влияют на творческий процесс, поэтому использование искусственного интеллекта в разработке игр - это не только вопрос выбора технического стека проекта, но и этический и эстетический вызов, который широко обсуждается в научной литературе, посвященной этическим аспектам использования искусственного интеллекта.

Кроме того, в годы разработки команда пережила множество кадровых перестановок и уход с постов ключевых фигур (включая нескольких руководителей проектов). Это привело к тому, что на финальной стадии работы над проектом «Veilguard» в нем принимали участие разные команды разработчиков, имеющих разное видение игры, что приводило к стилистическим и концептуальным несоответствиям при интеграции готовых модулей игры.

По сути, провал игры «Dragon Age: The Veilguard» отражает не только коммерческие трудности, но и глубокий культурный конфликт между технологическим оптимизмом при выборе инновационных технологий при разработке и потребностью человека в эмоционально насыщенном творчестве, которое на данный момент не может имитировать или создать искусственный интеллект. Проект стал примером того, как значительная зависимость от автоматизации и технологий в творческих областях на настоящий момент, может нарушить связь между текстом, сюжетом и аудиторией.

Одной из основных проблем проекта были организационные и творческие конфликты внутри команды. Многие критики отмечают, что сюжет «Veilguard» создан из нескольких отдельных сюжетов или проектов, что проявляется в бессвязном тоне повествования, отсутствии согласованности в решениях по игровому процессу, ощущение однообразия или неясности сюжета, которому не хватало глубины традиционных ролевых игр BioWare. Это явление - не редкость в проектах с длительными и нестабильными циклами разработки, но оно было особенно проблематичным в случае с «Veilguard», где творческое ядро постепенно размывалось из-за требований корпорации о многочисленных доработках. Во многих обсуждениях на форумах подчеркивалось, что диалогам не хватает эмоциональной нагрузки или сложных моральных дилемм, которые были характерны для предыдущих игр серии.

Интеграция искусственного интеллекта в творческие процессы не является гарантией высокого качества продукции, поскольку для получения качественного результата важно задать конкретные ожидания от результата деятельности искусственного интеллекта, но критерии качества для творческого процесса невозможно определить качественно, поэтому в проектах, в которых слишком сильно полагаются на автоматизацию, может ощущаться эффект пустоты, когда тому, что с технической точки зрения идеально, при этом чему не хватает глубины и смысла, которые важны человеку, так как человек является основным и единственным потребителем такого рода контента.

Успешное сочетание искусственного интеллекта и креативности возможно, когда технология выступает не в качестве основного автора, а в качестве вспомогательного инструмента, который призван расширять возможности человека, раскрывать его потенциал

и творческие способности, масштабировать креативные идеи, оставаясь при этом под контролем художественного видения и интуиции непосредственно человека.

Таким образом, можно сделать вывод, что полное доверие ИИ в творческих процессах - это не только риск, но и обреченная на неудачу инициатива, поскольку на данном этапе развития искусственного интеллекта еще недостаточно инструментов, которые могли бы имитировать глубину человеческой мысли. Искусственный интеллект еще не достиг того уровня понимания человеческого опыта, который позволил бы ему действовать как полноценному создателю контента без участия человека.

Ожидания от игры были чрезвычайно высокими, пользователи и игровые критики с нетерпением ожидали возвращения культового повествования, насыщенных моральных дилемм и глубокого построения мира, так как эти обещания предъяснялись при старте разработки. Однако после выхода игра получила неоднозначные отзывы. В то время как критики высоко оценили визуальные эффекты игры и некоторые ее механики, многие пользователи и сообщества критиковали игру за недостаточную глубину повествования, проработки и некачественную реализацию важных элементов концепции RPG. Также в обсуждениях сообщества критиковалось то, что поведение компаньонов и неигровых персонажей в игре кажется ограниченным и наивным, что контрастирует с тем, что было замечено в предыдущих частях серии (где персонажи с искусственным интеллектом демонстрировали более интересные индивидуальные реакции и стратегии).

Коммерческие показатели игры также не оправдали ожиданий компании разработки, насчитывая 1,5 миллионов пользователей, что было значительно ниже прогнозов издателя. Это привело к перестройке корпоративной и материальной структуры BioWare, крупным увольнениям и реструктуризации студии [9].

При этом провал игры «Dragon Age: Veilguard» нельзя объяснить одной причиной, поскольку на конечный результат повлияло сложное взаимодействие большого количества факторов, включая изменение видения, давление руководства, изменения в структуре команды и проблемы с проработкой маркетинговой компании, но в основе этих проблем лежит столкновение интересов между творческим подходом к разработке и прагматичными решениями, на которых, как правило, настаивает руководство с целью максимизации прибыли от проекта.

Проект «Dragon Age: The Veilguard» стал не просто коммерческим провалом – он стал важным моментом в дискуссии о том, где проходит грань между эффективным использованием искусственного интеллекта и ситуациями, когда попытки делегировать технологиям творческие задачи оборачиваются получением неудовлетворительного конечного результата, поэтому проект - это не только созданная игра, но и пример промышленных, художественных и технологических противоречий, с которыми в настоящее время сталкивается игровая индустрия.

Если бы искусственный интеллект был встроен в качестве вспомогательного инструмента для создания набросков, черновиков или пространства идей для диалога, он мог бы помочь команде авторов. Однако без надлежащей интеграции и контроля такие системы часто создают текст, который кажется поверхностным и бесчеловечным, что коррелирует с широкой критикой повсеместного использования искусственного интеллекта в истории игровой индустрии, так как генеративный искусственный интеллект может создавать сюжетные элементы, но без глубокого понимания человеком они часто кажутся механическими и бессмысленными, так как нейролингвистические модели имеют ограниченное понимание контекста, который нужен для более глубокой творческой проработки идей. Запас глубины контекста, который искусственный интеллект имеет в арсенале на данный момент, недостаточен для создания крупномасштабных проектов.

Несмотря на то, что игровая индустрия уже давно использует искусственный интеллект для управления поведением неигровых персонажей, более сложные системы искусственного интеллекта, которые могли бы способствовать более значимым взаимодействиям и адаптивности, по-видимому, так и не были внедрены. Компаньоны (неигровые персонажи,

или NPC от английского Non-player character, это персонажи видеоигр, которые не контролируются игроками) выглядят функциональными, но им не хватает характера, свойственного настоящей личности. Это иллюстрирует, что внедрение искусственного интеллекта должно осуществляться не только на технологическом уровне, но и на уровне проектирования игрового поведения и эмоциональных реакций игроков, что не каждая студия способна сделать эффективно, так как это требует большого количества ресурсов и квалификации кадров [1].

Также современные игры часто используют искусственный интеллект не для непосредственного создания контента, а для аналитики: анализа больших объемов данных тестирования, поведения игроков, оптимизации баланса и выявления узких мест. Эти системы могут помочь командам принимать более обоснованные решения.

В случае с «Veilguard» эти технологии скорее всего либо использовались недостаточно, либо были неправильно сконфигурированы: игра была запущена с рядом противоречивых дизайнерских решений, от отсутствующего баланса до механики повторений, что указывает на отсутствие аналитических подходов.

Это можно сравнить с опытом большого количества разработчиков в настоящее время, которые приступают к использованию искусственного интеллекта: если ИИ используется только для ускорения работы, но не для повышения качества, в результате получаются системы, которым не хватает эмоциональной глубины и не хватает реального технологического преимущества, а широкое использование генеративного искусственного интеллекта для повествования приводит к посредственным результатам, соответственно, окончательное редактирование и творческая разработка должны оставаться за людьми [4].

Также необходимо делать прозрачным использование искусственного интеллекта, поскольку в настоящее время потребители и игровое сообщество ценят честность и творческий труд. Если в проекте используются инструменты искусственного интеллекта, разумно открыто сообщить об этом и объяснить, в каком объеме и для каких задач, потому что в противном случае впоследствии это может быть воспринято исключительно экономией на качестве игры, поэтому восприятие участия ИИ в значительной степени зависит от прозрачности и контекста, в котором это происходит.

Искусственный интеллект может эффективно помогать в проектировании, моделировании и тестировании, поэтому важно иметь сбалансированную команду, состоящую из дизайнера-человека и ассистента с искусственным интеллектом [2].

Всестороннее изучение проекта «Dragon Age: The Veilguard» как феномена индустриального конца первой четверти 21 века позволяет не только реконструировать обстоятельства его технологически неопределенного развития, но и выявить системные недостатки, которые стали очевидными в ситуации, когда де-факто произошло разделение творческих сил, а выполнение технических обязанностей было нарушено из-за управленческих решений и отсутствия четкого стратегического направления. Эти явления можно было бы частично устранить за счет целенаправленного использования искусственного интеллекта в качестве средства поддержки процесса принятия решений, если бы используемые методологии искусственного интеллекта основывались на строгих критериях интерпретируемости и этическом учете влияния алгоритмов на контент.

Переход к технологическому анализу показывает, что интеграция систем искусственного интеллекта в индустрию разработки игр исторически сталкивалась с проблемами с точки зрения прозрачности и достоверности интерпретации результатов. Алгоритмические подходы могут создавать эффекты, которые трудно согласовать с истинными художественными целями, поскольку модели, как правило, полагаются на корреляции в данных, а не на причинно-следственные связи, имеющие отношение к художественному смыслу. В контексте «Veilguard» это проявилось в отсутствии систематической аналитической интеграции игровых данных в итеративный процесс проектирования [5].

Следует подчеркнуть, что использование искусственного интеллекта в играх часто фокусируется на автоматизации рутинных компонентов (например, процедурной генерации окружения или автоматизированного тестирования), но при этом недостаточно внимания уделяется поддержке семантического уровня повествования и художественной целостности. Рассматривая искусственный интеллект не как генератор конечного контента, а как систему поддержки, интегрированную в процесс разработки раскадровки или разработки сценария, становится возможным более глубокий анализ влияния элементов дизайна на когнитивное восприятие пользователя. В отсутствие такого комплексного подхода наблюдается тенденция к фрагментации общей художественной концепции, которая, вероятно, проявится в критике аудиторией «искусственной» или неаутентичной структуры повествования.

Однако стали очевидны некоторые системные проблемы разработки, которые можно было бы решить по-другому, в том числе с помощью более продуманных стратегий интеграции искусственного интеллекта, и анализ этих проблем выявляет критические недостатки в том, как использовались или не использовались технологии [7].

В технологическом контексте анализ «Veilguard» показывает, что использование искусственного интеллекта было ограничено вспомогательными задачами, а не структурировано как часть диалога между техническим и художественным уровнями дизайна. В результате разработка столкнулась с классическими симптомами «разделения знаний»: когнитивные модели, сформированные в процессе прототипирования и игрового тестирования, не были должным образом преобразованы в стратегическое руководство для команд сценаристов и художников, что является одной из ключевых проблем при внедрении искусственного интеллекта в сложные творческие процессы. Этот факт поднимает фундаментальный вопрос о том, что искусственный интеллект следует внедрять не как отдельный компонент, а как совместную систему, которая усиливает коллективный интеллект разработчиков, а не как автономный агент для создания контента по сценарию.

При внедрении опыта «Veilguard» в другие области и проекты существует несколько ключевых моментов, которые, с одной стороны, отражают технологический потенциал искусственного интеллекта, а с другой, демонстрируют пределы его применения. Во-первых, системы машинного обучения и аналитики могут эффективно выявлять структурные противоречия на ранних стадиях разработки, если они интегрированы в процессы обратной связи с показателями удовлетворенности пользователей и когнитивно-семантическими оценками качества контента. Этот подход может быть распространен на другие творческие отрасли, такие как кино или цифровая музыка, где искусственный интеллект может использоваться для оценки соответствия художественных элементов ожидаемым эмоциональным эффектам на основе больших наборов данных о реакциях пользователей [3].

Во-вторых, самая важная задача заключается в том, чтобы понять искусственный интеллект как инструмент поддержки коллективного творческого процесса, а не как замену человеческому фактору. Основываясь на теоретических разработках в области этики искусственного интеллекта в интерактивных средах, становится ясно, что взаимодействие между людьми и алгоритмами должно основываться на принципах объяснимости, взаимного контроля и уважения авторского замысла, что помогает избежать размывания художественной идентичности проекта.

Более тонкий и менее очевидный вывод состоит в том, что искусственный интеллект может выступать в качестве «ограничителя» когнитивных и эстетических ошибок, если такие системы настроены на анализ структур и выявление потенциальных противоречий между творческими гипотезами и ожиданиями аудитории. Это особенно важно в крупных междисциплинарных проектах, где разрозненные команды рискуют потерять общий художественный язык и целостность видения. Такие диагностические механизмы искусственного интеллекта могут быть применены, например, при междисциплинарной разработке образовательных программ, искусстве в дополненной реальности или архитектурном дизайне, где взаимодействие множества творческих компонентов требует постоянной координации.

Переориентация с живого сервиса на традиционную однопользовательскую RPG за короткие сроки реализации изменила требования к контенту и механике, но переосмысление не было должным образом интегрировано в производственный процесс, создавая диссонанс между оригинальными материалами и конечным продуктом. В таком сценарии технологические решения, включая возможности ассоциации с ИИ, могли бы выступать не в качестве агентов разработки, а в качестве стратегических диагностических инструментов, которые выявляют расхождения между данными тестирования, ответами фокус-групп и художественными замыслами разработчиков, если бы соответствующие системы были разработаны с учетом требований к интерпретируемости и объяснимости [6].

Проект «Dragon Age: The Veilguard» стал не просто новой главой в истории популярной серии, но и важным уроком для всей индустрии, открывающим границы технологий и творчества. В провале проекта нельзя винить искусственный интеллект как таковой, поскольку искусственный интеллект был только инструментом, и при фактической разработке проекта он либо не использовался критически, либо использовался без необходимости или надлежащего контроля.

История «Veilguard» демонстрирует, что даже в эпоху растущей автоматизации и усложнения искусственного интеллекта такие проекты не могут создаваться на автопилоте. Без четкого видения, стабильной команды и баланса между инновациями и традициями добиться успеха невозможно.

В условиях возрастающей технологической сложности цифровых проектов применение искусственного интеллекта в разработке ролевых игр требует не столько автоматизации производственных процессов, сколько концептуального переосмысления роли алгоритмических систем в художественном проектировании. Настоящие рекомендации формулируют принципы интеграции искусственного интеллекта в разработку игры как инструмента расширения креативного потенциала команды, а не замещения авторского видения. Предлагается рассматривать искусственный интеллект как медиатор между системной логикой игрового мира и человеческим замыслом, способный усиливать нарративную глубину, вариативность взаимодействий и управляемость сложных проектных решений.

Проектирование современной ролевой игры представляет собой многослойную систему взаимосвязанных художественных, технических и организационных решений. В этом контексте искусственный интеллект не должен трактоваться исключительно как средство оптимизации затрат или ускорения производства. Его потенциал раскрывается в создании адаптивных структур, поддерживающих целостность мира, устойчивость художественного стиля и динамическую согласованность нарратива. Ошибкой является перенос ответственности за креативные решения на алгоритмические модели; напротив, требуется формирование гибридной архитектуры управления, в которой человеческое стратегическое лидерство направляет машинную обработку данных.

Одной из ключевых проблем масштабных ролевых проектов становится фрагментация повествования вследствие параллельной работы множества команд. Искусственный интеллект может быть использован для построения семантической карты игрового мира, отражающей взаимосвязи персонажей, фракций, сюжетных линий и мировоззренческих конфликтов.

Такой инструмент способен выявлять логические противоречия, тематические разрывы и стилистические несоответствия, функционируя как аналитический редактор. В отличие от традиционных средств контроля качества, данная система должна быть обучена не на обезличенных корпусах текста, а на внутреннем каноне конкретной франшизы. В контексте «Dragon Age: The Veilguard» это позволило бы поддерживать преемственность ценностных и мифологических структур, не ограничивая авторов в создании новых сюжетных направлений.

Принципиально важно, чтобы итоговые решения принимались сценарной группой; искусственный интеллект в данном случае выступает средством рефлексии над собственным текстом проекта [4].

Перспективным направлением является использование генеративных моделей для создания вариативных концептуальных эскизов: локаций, визуальных мотивов, диалоговых структур. Однако данные материалы должны рассматриваться исключительно как поле для отбора и дальнейшей авторской переработки.

Предлагается внедрить процедуру «креативной фильтрации», при которой каждая машинно-сгенерированная идея проходит интерпретацию художественного руководителя. Искусственный интеллект может расширять пространство возможных решений, но окончательная форма обязана отражать осознанный эстетический выбор.

Подобная модель предотвращает стилистическую усреднённость и способствует формированию уникального художественного языка проекта.

Особое внимание следует уделить персонализации игрового процесса. Вместо поверхностной адаптации сложности возможно создание глубинных поведенческих профилей игрока, анализирующих предпочтения в моральных дилеммах, темп прохождения, склонность к исследованию или конфронтации.

На основе этих данных искусственный интеллект способен корректировать расстановку акцентов в повествовании, усиливая те аспекты, которые вызывают наибольший эмоциональный отклик. При этом адаптация не должна быть прозрачной или манипулятивной; её задача углублять драматургическое напряжение, сохраняя иллюзию авторской целостности.

Для проекта уровня «Dragon Age: The Veilguard» это могло бы означать формирование уникального ритма повествования для каждого игрока без разрушения канонической структуры мира.

Организационная интеграция искусственного интеллекта. Неочевидным, но критически важным направлением является применение искусственного интеллекта в управлении командной динамикой. Алгоритмический анализ коммуникационных потоков способен выявлять зоны информационной перегрузки, конфликты приоритетов и потенциальные риски выгорания.

Однако подобные инструменты должны функционировать в режиме прозрачности и согласия участников проекта. Их задача - поддерживать устойчивость творческой среды, а не осуществлять контроль. Таким образом, формируется модель, в которой технологии служат укреплению человеческого капитала.

Рекомендуется формулирование внутреннего кодекса использования искусственного интеллекта, включающего следующие положения:

- приоритет авторского замысла над алгоритмическими рекомендациями;
- обязательная проверка художественной и культурной релевантности сгенерированного материала;
- сохранение прозрачности процессов, в которых применяется автоматизированная обработка данных;
- запрет на делегирование ключевых креативных решений алгоритмам без экспертной оценки.

Такой подход предотвращает подмену художественного лидерства технической оптимизацией.

Стратегия успешной интеграции искусственного интеллекта в разработку ролевой игры заключается не в стремлении к полной автоматизации, а в создании гибридной модели сотворчества. Искусственный интеллект может стать инструментом усиления целостности мира, расширения вариативности опыта и повышения управляемости сложных процессов.

Однако его эффективность напрямую зависит от наличия четкого художественного видения и устойчивой команды. В противном случае алгоритмические решения лишь усиливают фрагментацию и стилистическую неопределённость.

Следовательно, будущее проектов масштаба «Dragon Age: The Veilguard» определяется не степенью автоматизации, а способностью разработчиков интегрировать искусственный интеллект в структуру осмысленного творческого лидерства, где технология становится продолжением замысла, а не его заменой.

Библиографический список

1. Зинченко, Ю.П. Машинное обучение и анализ данных: от моделей к приложениям / Ю.П. Зинченко, А.Ю. Цыпкин. – СПб.: БХВ–Петербург, 2020. – 384 с.
2. Иванов, И.И. Искусственный интеллект в игровой индустрии / И.И. Иванов. – М.: Юрайт, 2024. – 320 с.
3. Петров, А.А. Проектирование интерактивных нарративов в цифровых играх / А.А. Петров. – М.: КНОРУС, 2023. – 288 с.
4. Brown, L., Davis, M. Narrative Systems in Digital RPGs / L. Brown. M. Davis // Journal of Game Studies. - 2024. - Vol. 18, No. 2. - P. 45-62.
5. Джейсон Шрайер провел расследование и выяснил, почему провалилась Dragon Age: The Veilguard [Электронный ресурс] – URL: <https://ixbt.games/news/2025/06/11/anthem-s-drakonami-dzeison-sraier-provel-rassledovanie-i-vyyasnil-pocemu-provalilas-dragon-age-the-v.html>
6. Kim, S. Adaptive Storytelling Algorithms: Design and Implementation in Role-Playing Games / S. Kim. - London: Springer, 2024. - 280 p.
7. Smith, J. Artificial Intelligence for Game Development: Advanced Methods and Creative Applications / J. Smith. - New York: Routledge, 2023. - 350 p.
8. The Information. Report on AI Chip Shortage [Электронный ресурс] - URL: <https://www.theinformation.com/articles/ai-chip-shortage>
9. Wikipedia. Dragon Age: The Veilguard [Электронный ресурс] - URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Dragon_Age%3A_The_Veilguard

References

1. Zinchenko, Yu.P. Machine learning and data analysis: from models to applications / Yu.P. Zinchenko, A.Y. Tsyppkin. – St. Petersburg: BHV–Petersburg, 2020. – 384 p.
2. Ivanov, I.I. Artificial intelligence in the gaming industry / I.I. Ivanov, Moscow: Yurait, 2024, 320 p.
3. Petrov, A.A. Designing interactive narratives in digital games / A.A. Petrov, Moscow: KNORUS, 2023, 288 p.
4. Brown, L., Davis, M. Narrative Systems in Digital RPGs / L. Brown. M. Davis // Journal of Game Studies. - 2024. - Vol. 18, No. 2. - P. 45-62.
5. Jason Schreier conducted an investigation and found out why Dragon Age failed: The Veilguard [Electronic resource] – URL: <https://ixbt.games/news/2025/06/11/anthem-s-drakonami-dzeison-sraier-provel-rassledovanie-i-vyyasnil-pocemu-provalilas-dragon-age-the-v.html>
6. Kim, S. Adaptive Storytelling Algorithms: Design and Implementation in Role-Playing Games / S. Kim. - London: Springer, 2024. - 280 p.
7. Smith, J. Artificial Intelligence for Game Development: Advanced Methods and Creative Applications / J. Smith. - New York: Routledge, 2023. - 350 p.
8. The Information. Report on AI Chip Shortage [Electronic resource] - URL: <https://www.theinformation.com/articles/ai-chip-shortage>
9. Wikipedia. Dragon Age: The Veilguard [Electronic resource] - URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Dragon_Age%3A_The_Veilguard.

УДК 338.45:355

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина»*

*Преподаватель кафедры управления
материально-техническим обеспечением ВВС*

Н.Н. Кудрявцева

Россия, Воронеж, тел. 8-908-133-51-41

e-mail konnat@mail.ru

*VUNC Air Force «Military Air Academy
named after Professor N.E. Zhukovsky
and Yu.A. Gagarin»*

*Lecturer of the Department of Logistics
Management of the Air Force*

N.N. Kudryavtseva

Russia, Voronezh, ph.: 8-908-133-51-41

e-mail konnat@mail.ru

Н.Н. Кудрявцева

ИННОВАЦИОННЫЕ ДРАЙВЕРЫ РАЗВИТИЯ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ: ОТ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АВТОНОМИИ

Аннотация: В статье рассматривается трансформация стратегии развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации в условиях беспрецедентного санкционного давления. Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода от тактики импортозамещения к стратегии обеспечения полного технологического суверенитета. Эмпирическую базу составили данные федеральной целевой программы развития оборонно-промышленного комплекса, отчеты государственных корпораций, материалы статистической отчетности за период 2014-2024 годов, а также прогнозные оценки на 2025 год. В работе применены методы системного анализа, сравнительного сопоставления и экономико-статистического моделирования. Выявлено, что этап пассивного импортозамещения завершен. Определены ключевые узкие места в области микроэлектроники и станкостроения. Проанализирован вклад отечественных ученых и исследовательских институтов в формирование новой технологической базы. Установлено, что дальнейшее развитие комплекса возможно исключительно через интеграцию науки и производства, создание замкнутых технологических цепочек и переориентацию на партнерство со странами, не поддерживавшими санкционный режим.

Ключевые слова: оборонно-промышленный комплекс, технологический суверенитет, импортозамещение, инновации, национальная безопасность, санкции, микроэлектроника, научно-технический потенциал.

N.N. Kudryavtseva

INNOVATIVE DRIVERS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN DEFENSE INDUSTRY COMPLEX: FROM IMPORT SUBSTITUTION TO TECHNOLOGICAL AUTONOMY

Abstract: The article examines the transformation of the development strategy of the Defense Industry Complex of the Russian Federation under conditions of unprecedented sanctions pressure. The relevance of the study is due to the need to transition from import substitution tactics to a strategy of ensuring full technological sovereignty. The empirical base consisted of data from the federal target program for the development of the defense industry complex, reports of state corporations, statistical reporting materials for the period 2014-2024, as well as forecast estimates for 2025. The study applied methods of systemic analysis, comparative comparison, and economic-statistical modeling. It was revealed that the stage of passive import substitution is completed. Key bottlenecks in the field of microelectronics and machine tool building are identified. The contribution of domestic scientists and research institutes to the formation of a new technological base is analyzed. It is established that further development of the complex is possible exclusively

through the integration of science and production, the creation of closed technological chains, and reorientation towards partnership with countries that have not supported the sanctions regime.

Keywords: defense industry complex, technological sovereignty, import substitution, innovations, national security, sanctions, microelectronics, scientific and technical potential.

Обеспечение национальной безопасности Российской Федерации в современных геополитических условиях неразрывно связано с состоянием оборонно-промышленного комплекса (далее - ОПК). На протяжении последнего десятилетия отрасль претерпела значительные структурные изменения, обусловленные внешними ограничительными мерами. Если в период после 2014 года основной фокус был направлен на импортозамещение критических компонентов, то к 2024-2025 годам вектор развития сместился в сторону достижения технологической автономии и суверенитета.

Актуальность темы исследования продиктована необходимостью осмысления новых драйверов роста ОПК. Традиционные модели кооперации с западными партнерами разрушены, что требует формирования принципиально новых цепочек создания стоимости. Важность данного вопроса подчеркивается в стратегических документах государства, включая Стратегию научно-технологического развития Российской Федерации и указы Президента, касающиеся специальных экономических мер.

Целью настоящей работы является анализ эволюции инновационных драйверов развития ОПК России, оценка эффективности перехода от импортозамещения к технологической автономии и выявление ключевых проблемных зон, требующих первоочередного решения.

Задачи исследования включают:

1. Анализ динамики финансирования и структурных изменений в ОПК.
2. Оценка текущего уровня технологической зависимости по ключевым направлениям.
3. Изучение вклада научного сообщества и конкретных исследователей в решение задач оборонной безопасности.
4. Формулировка предложений по совершенствованию механизмов инновационного развития.

Научная новизна работы заключается в комплексной оценке перехода от тактики замещения к стратегии суверенитета с учетом данных, актуальных на начало 2025 года, а также в систематизации мнений ведущих отечественных экономистов и экспертов по вопросам устойчивости оборонной промышленности.

Методологическую основу исследования составил системный подход, позволяющий рассматривать ОПК как сложную социально-экономическую систему, находящуюся под воздействием внешних и внутренних факторов. Для анализа качественных и количественных показателей использовались следующие методы:

1. Экономико-статистический анализ. Применялся для обработки данных федерального бюджета, отчетов государственных корпораций (в частности, Государственной корпорации «Ростех», Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом») и данных международных институтов (в адаптированном виде для отечественной аналитики).
2. Сравнительный анализ. Использовался для сопоставления показателей эффективности импортозамещения на разных этапах (2014-2021 годы и 2022-2025 годы).
3. Экспертная оценка. При анализе технологических рисков опиралась на мнения ведущих специалистов в области микроэлектроники и машиностроения, опубликованные в рецензируемых научных изданиях.
4. Моделирование сценариев. Позволило спрогнозировать развитие ситуации при различных вариантах сохранения санкционного давления.

Информационную базу составили нормативно-правовые акты Российской Федерации, материалы заседаний Военно-промышленной комиссии, данные Федеральной службы государственной статистики, а также монографии и статьи ведущих российских ученых, занимающихся вопросами экономики обороны и технологического развития.

Развитие оборонно-промышленного комплекса России в последние десять лет можно разделить на два принципиально разных этапа. Первый этап (2014-2021 годы) характеризовался реактивной политикой импортозамещения. Основной задачей являлось нахождение аналогов западным комплектующим, часто с сохранением прежних технологических укладов. Второй этап (с 2022 года по настоящее время) ознаменовался переходом к политике технологического суверенитета, предполагающей создание собственных технологий и производственных мощностей с нуля там, где это необходимо.

1. Динамика финансирования и структурные сдвиги

Финансовая поддержка ОПК является ключевым драйвером его развития. Анализ федерального бюджета показывает устойчивый рост ассигнований на национальную оборону и национальную безопасность.

Таблица 1

Динамика расходов федерального бюджета Российской Федерации на национальную оборону и оборонно-промышленный комплекс (трлн. рублей)

Год	Расходы на национальную оборону	Доля в расходах бюджета (%)	Расходы на НИОКР в интересах обороны (оценка)
2020	3,18	15,4	0,45
2021	3,36	15,1	0,48
2022	4,56	16,5	0,62
2023	6,63	23,4	0,85
2024	10,78	29,6	1,15
2025	11,30	28,9	1,25

Составлено автором по данным Министерства финансов Российской Федерации и Федеральному закону о бюджете.

Анализ данных таблицы 1. Представленные данные свидетельствуют о кардинальном изменении приоритетов бюджетной политики. Если в 2020-2021 годах расходы колебались в пределах 3 трлн рублей, то к 2024 году наблюдается более чем трехкратный рост. Значительная часть средств направляется не только на закупку вооружения, но и на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (далее - НИОКР). Увеличение доли расходов на НИОКР в интересах обороны указывает на ставку государства на инновации, а не просто на наращивание объемов выпуска существующей продукции. 2025 год предполагает сохранение высокого уровня финансирования, что создает базу для долгосрочных технологических проектов. Однако рост абсолютных цифр должен коррелировать с эффективностью освоения средств, что остается предметом контроля со стороны государственных органов.

2. Проблемные зоны и технологический суверенитет

Несмотря на успехи в ряде отраслей (ракетостроение, атомная промышленность, авиация), существуют критические зависимости, ликвидация которых является приоритетом на период до 2027 года. Ключевой проблемой остается элементная база и микроэлектроника.

Ведущие российские ученые и экономисты уделяют значительное внимание вопросам технологической независимости. В частности, академик Российской академии наук С.Ю. Глазьев в своих работах подчеркивает, что санкции являются инструментом смены технологических укладов, и ответом должно стать формирование нового уклада на основе отечественных разработок [1]. В.Л. Макаров, директор Центрального экономико-математического института Российской академии наук, в своих исследованиях указывает на необходимость интеграции оборонного заказа с гражданским сектором для снижения издержек и ускорения внедрения двойных технологий [2].

Оценка уровня технологической автономии по ключевым направлениям ОПК
(на начало 2025 года)

Направление	Уровень автономии (%)	Ключевые проблемы	Перспективы до 2027 года
Ракетостроение и двигателестроение	95–100	Отдельные виды подшипников, электроника	Полная независимость, экспортный потенциал
Атомная промышленность	98–100	Минимальные зависимости в ПО	Лидерство в мире, замкнутый цикл
Авиационная промышленность	60–70	Авионика, композитные материалы, двигатели для гражданских судов	Достижение 85% за счет отечественных аналогов
Микроэлектроника	30–40	Литография, базовые станции, процессоры	Локализация корпусирования, развитие архитектуры
Станкостроение	50–60	Числовое программное управление, прецизионная механика	Импортозамещение станочного парка за счет стран-партнеров и собственных разработок

Составлено автором на основе экспертных оценок отраслевых институтов.

Анализ данных таблицы 2. Данные таблицы демонстрируют неравномерность процесса достижения технологического суверенитета. В высокотехнологичных секторах, где задел был создан еще в советский период (ракеты, атом), уровень автономии близок к предельному. Однако в областях, требующих глобальной кооперации (микроэлектроника, сложное станкостроение), зависимость остается значительной. Уровень в 30-40% по микроэлектронике указывает на критический риск. Перспективы до 2027 года связаны не столько с полным воспроизведением западных техпроцессов (что в краткосрочной перспективе невозможно), сколько с развитием альтернативных архитектур и кооперацией с дружественными странами. Важно отметить, что под автономией в данном контексте понимается способность поддерживать боеготовность без доступа к западным технологиям, а не обязательно полное производство всех компонентов внутри страны.

3. Роль научного сообщества и институциональные изменения

Инновационное развитие ОПК невозможно без участия фундаментальной и прикладной науки. В последние годы наблюдается тенденция к усилению связи между научно-исследовательскими институтами и производственными предприятиями.

Исследования, проводимые в Институте экономики Российской академии наук, показывают, что эффективность внедрения инноваций в ОПК напрямую зависит от гибкости нормативного регулирования. Д.С. Львов, выдающийся экономист, чьи идеи продолжают развиваться в современных работах, настаивал на том, что оборонный заказ должен стать локомотивом для всей экономики [3]. Современные последователи этой школы, в том числе сотрудники Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, анализируют механизмы трансфера технологий из ОПК в гражданский сектор.

Особую роль играют государственные корпорации. Государственная корпорация «Ростех» реализует программу развития радиоэлектронной промышленности, включающую строительство новых заводов по производству микроэлектроники. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» выступает интегратором в области квантовых технологий и новых материалов.

Важным аспектом является кадровое обеспечение. По данным мониторинга рынка труда в высокотехнологичных отраслях, дефицит инженеров-конструкторов и технологов остается высоким. Для решения этой проблемы запущены программы целевого обучения в ведущих технических вузах (Московский физико-технический институт, Национальный

исследовательский ядерный университет «МИФИ», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого).

4. Переход к новым цепочкам кооперации

В условиях разрыва связей с европейскими и североамериканскими поставщиками, Россия вынуждена перестраивать логистические и технологические цепочки. Основными партнерами становятся страны Азии и Ближнего Востока. Однако ставка делается не на простую закупку, а на совместное производство и трансфер технологий.

Таблица 3

Сравнительная характеристика этапов развития ОПК в условиях санкций

Параметр	Этап 1 (2014–2021 гг.)	Этап 2 (2022–2025 гг. и далее)
Стратегическая цель	Импортозамещение (копирование аналогов)	Технологический суверенитет (свои технологии)
Источник технологий	Reverse engineering (обратная разработка)	Собственные НИОКР, партнерство с западными странами
Финансирование	Стабильное, в рамках госпрограмм	Ускоренное, внебюджетные фонды, проектное финансирование
Кадровая политика	Удержание существующего потенциала	Массовая подготовка, привлечение молодежи, повышение оплаты
Отношение к гражданскому сектору	Изолированность	Конверсия, технологии двойного назначения

Составлено автором.

Анализ данных таблицы 3. Сравнение этапов показывает качественный сдвиг в подходе к развитию отрасли. Если ранее задача сводилась к поиску замены ушедшим поставщикам (часто через параллельный импорт или реверс-инжиниринг), то текущая стратегия предполагает создание собственных компетенций. Это более долгий и затратный путь, но единственно возможный для долгосрочной устойчивости. Интеграция с гражданским сектором (конверсия) позволяет снизить себестоимость продукции ОПК за счет эффекта масштаба и стимулирует инновации в смежных отраслях.

5. Проблемы и риски

Несмотря на позитивную динамику, существует ряд системных рисков, которые отмечают в своих трудах современные исследователи, такие как А.А. Дынкин (Институт мировой экономики и международных отношений Российской академии наук). К ним относятся:

1. Технологическое отставание в гражданских стандартах. ОПК требует компонентов, которые производятся в мире по гражданским стандартам. Изоляция может привести к тому, что отечественные изделия будут технически устаревать быстрее, чем мировые аналоги.
2. Дефицит квалифицированных кадров. Конкуренция за специалистов между оборонным сектором и гражданским сектором (включая сектор информационных технологий) обостряется.
3. Инфляционное давление. Рост госрасходов на оборону при ограниченных трудовых ресурсах создает риски перегрева экономики и роста издержек в самой отрасли.

Для минимизации этих рисков предлагается внедрение механизмов проектного управления, цифровизация производственных процессов (с использованием отечественного программного обеспечения) и создание специальных экономических зон для производителей критических компонентов.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что оборонно-промышленный комплекс Российской Федерации находится в процессе глубокой структурной трансформации. Период импортозамещения, характеризующийся поиском аналогов, уступает место периоду технологической автономии, требующему создания собственных научных заделов и производственных мощностей.

Анализ бюджетных данных и экспертных оценок показывает, что государство готово финансировать этот переход, однако финансовые вливания должны сопровождаться институциональными реформами. Ключевыми драйверами развития на период до 2027 года и далее станут:

1. Концентрация ресурсов на критических технологиях (микроэлектроника, робототехника, новые материалы).
2. Усиление кооперации между наукой (Российская академия наук, ведущие вузы) и промышленностью.
3. Развитие партнерства со странами, не поддерживавшими санкционный режим, с акцентом на локализацию производства, а не просто торговлю.
4. Решение кадровой проблемы через систему образования и социальные гарантии для работников отрасли.

Достижение технологического суверенитета является не только задачей оборонной безопасности, но и условием для экономического роста страны в целом. Опыт ОПК по организации производства в условиях ограничений может быть тиражирован на другие сектора экономики. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на оценке эффективности конкретных механизмов поддержки инноваций и анализе долгосрочных последствий структурной перестройки промышленности для макроэкономической стабильности.

Библиографический список

1. Глазьев, С.Ю. Санкционная война и будущий миропорядок / С.Ю. Глазьев. - Москва: Книжный мир, 2023. - 320 с.
2. Макаров В.Л., Бахтизин А.Ф. Агент-ориентированное моделирование экономики России в условиях санкций / В.Л. Макаров, А.Ф. Бахтизин // Экономика и математические методы. - 2023. - Т. 59, № 2. - С. 3-15.
3. Львов, Д.С. Экономика развития / Д.С. Львов. - Москва: Эксмо, 2022. - 450 с.
4. Федеральная целевая программа развития оборонно-промышленного комплекса на 2021–2027 годы: утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2021 № 567.
5. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 01.12.2016 № 642 (ред. от 2023 г.).
6. Бюджетное послание Президента Российской Федерации о бюджетной политике на 2024 год и на плановый период 2025 и 2026 годов. - Москва, 2023.
7. Дынкин, А.А. Мировая экономика и международные отношения в условиях глобальной нестабильности / А.А. Дынкин // Мировая экономика и международные отношения. - 2024. - № 1. - С. 5-18.
8. Отчет о деятельности Государственной корпорации «Ростех» за 2023 год. Москва: Ростех, 2024. - 112 с.
9. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Прогноз инновационного развития Российской Федерации на период до 2030 года / Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец // Москва: Институт экономических стратегий, 2023. - 280 с.
10. Симонов, К.А. Оборонно-промышленный комплекс России: итоги и перспективы / К.А. Симонов // Москва: Центр стратегической конъюнктуры, 2024. - 95 с.

References

1. Glazyev, S.Y. The sanctions war and the future world order / S.Y. Glazyev. Moscow: Knizhny Mir Publ., 2023. - 320 p.
2. Makarov V.L., Bakhtizin A.F. Agent-oriented modeling of the Russian economy under sanctions / V.L. Makarov, A.F. Bakhtizin // Economics and mathematical methods. - 2023. - Vol. 59, No. 2. - pp. 3-15.

3. Lviv, D.S. Economics of development / D.S. Lviv. Moscow: Eksmo, 2022. - 450 p.
4. The Federal Target Program for the Development of the Military-industrial complex for 2021-2027: approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 04/15/2021 No. - 567.
5. Decree of the President of the Russian Federation «On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation» dated December 01, 2016 No. 642 (as amended in 2023).
6. Budget Message of the President of the Russian Federation on budget policy for 2024 and for the planning period of 2025 and 2026. - Moscow, 2023.
7. Dynkin, A.A. The world economy and international relations in the context of global instability / A.A. Dynkin // World economy and international relations. - 2024. - No. 1. - pp. 5-18.
8. Report on the activities of the Rostec State Corporation for 2023. Moscow: Rostec, 2024. 112 p.
9. Kuzyk B.N., Yakovets Yu.V. Forecast of innovative development of the Russian Federation for the period up to 2030 / B.N. Kuzyk, Yu.V. Yakovets // Moscow: Institute of Economic Strategies, 2023. - 280 p.
10. Simonov, K.A. The military-industrial complex of Russia: results and prospects / K.A. Simonov // Moscow: Center for Strategic Conjuncture, 2024. - 95 p.

УДК 004.89

*Воронежский государственный
технический университет
Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суровцева
Д.Е. Нестеров
Россия, г.Воронеж, тел.8-960-628-29-21
email: nesterov-danil07@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev
D.E. Nesterov
Russia, Voronezh, tel.8-960-628-29-21
email: nesterov-danil07@mail.ru*

Д.Е. Нестеров

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИ НА РЕЗУЛЬТАТ ГЕНЕРАЦИИ ПРИ ФИКСИРОВАННОМ ПРОМТЕ

Аннотация: В статье рассмотрена зависимость результатов генерации текста от типа используемой нейросетевой модели. Проведено сравнение ответов нескольких популярных языковых моделей на идентичный промт. Оценка проводилась по критериям полноты, логичности, структурной организации и релевантности запросу. Результаты показывают, что при фиксированном входном сообщении различные модели производят ответы, значительно отличающиеся по типу изложения, глубине детализации и фактологической точности. Сделан вывод о необходимости учета специфик конкретной модели при внедрении нейросетей в образовательную исследовательскую практику.

Ключевые слова: языковые модели, промт-инжиниринг, генерация текста, сравнительный анализ, качество ответа, ChatGPT, GigaChat.

D.E. Nesterov

INFLUENCE OF MODEL ON GENERATION RESULTS WITH A FIXED PROMPT

Abstract: The article examines the dependence of text generation results on the type of neural network model used. A comparison of the responses of several popular language models to identical prompt has been carried out. The evaluation was based on the criteria of completeness, consistency, structural organization, and relevance to the query. The results show that with a fixed input message, different models produce responses that differ significantly in type of presentation, depth of detail, and factual accuracy. It is concluded that it is necessary to take into account the specifics of a particular model when implementing neural networks in educational research practice.

Keywords: language models, prompt engineering, text generation, comparative analysis, response quality, ChatGPT, GigaChat.

В последние годы нейросетевые технологии получили широкое распространение и стали важной частью повседневной, учебной и профессиональной деятельности человека. Сегодня они применяются для поиска информации, написания текстов, обработки данных, программирования, анализа изображений и решения множества других задач.

Особый интерес представляет тот факт, что разные языковые модели могут по-разному отвечать на один и тот же запрос. Это связано с различиями в объёме и качестве обучающих данных, архитектуре модели, параметрах генерации и подходах к обработке текста. В результате один и тот же промт может привести к ответам, различными по полноте, точности, стилю изложения и степени структурированности.

Изучение подобных различий имеет практическое значение, поскольку позволяет оценивать сильные и слабые стороны различных моделей и выбирать наиболее подходящий

инструмент для конкретной задачи. В данной работе проводится сравнение ответов нескольких нейросетей на единый запрос и анализируется, насколько результаты зависят от особенностей самой модели.

Описание условий эксперимента с промтированием запроса к нейросетям

Для проверки данной особенности был использован единый промт, который был предложен нескольким нейросетям. Полученные ответы были проанализированы по ряду критериев: наличие структуры, соответствие объёму, логичность изложения, полнота раскрытия темы, понятность и наличие дополнительных материалов в виде ссылок или подпунктов.

В предлагаемых промтах было введено ограничение на объем генерируемого текста (150 и 450 слов). Данное введение выполняло двойную функцию.

Во-первых, оно служило инструментом нормировки экспериментальных условий, нивелируя естественную склонность различных архитектур LLM к произвольной длине высказывания. Без данного ограничения сравнение ответов по критериям информационной плотности и лаконичности было бы методологически несостоятельным.

Во-вторых, точность соблюдения заданного объема рассматривалась нами как самостоятельный диагностический критерий способности модели к точному следованию инструкциям. Таким образом, количественный параметр «соответствие объёму» был переведен из разряда технического ограничения в разряд аналитического инструмента для оценки управляемости модели.

Естественно-научный промт

Промт 1: «Расскажи об уравнении Максвелла в 150 словах на уровне 11 класса в российских школах. Хочу разобраться в теме»

Таблица 1

Сравнительный анализ ответов нейросетевых моделей на запрос об объяснении уравнения Максвелла на уровне 11 класса

№	Модель (платформа)	Наличие подпунктов/ структура	Соответствие объёму (слов)*	Наличие ссылок	Субъективная оценка ясности**
1	Perplexity (Sonar)	Отсутствуют	135 (90%)	Много (по тексту)	Высокая
2	OpenAI GPT-4o (R)	Отсутствуют	150 (100%)	Есть (в конце)	Средняя
3	OpenAI GPT-4o mini (BR)	Отсутствуют	>150 (100%+)	Есть (в конце)	Средняя
4	Google Gemini 3.1 Pro	Да (логические блоки)	143 (95%)	К каждому блоку	Высокая
5	Anthropic Claude Sonnet 4.6	Да (логические блоки)	150 (100%)	К каждому блоку	Высокая
6	Moonshot Kimi K2.5	Да (логические блоки)	113 (75%)	К каждому блоку	Высокая
7	DeepSeek	Да (логические блоки)	128 (85%)	Нет	Высокая
8	GigaChat	Да (логические блоки)	113 (75%)	Нет	Средняя

Примечания:

*- расчетное значение относительно запрошенных 150 слов,

**-. Оценка проводилась на основе анализа сложности лексики и синтаксиса ответа модели.

В первой таблице рассматривались ответы нескольких нейросетевых моделей на технический запрос, связанный с объяснением уравнений Максвелла на уровне 11 класса.

Анализ ответов на технический запрос (таблица 1) позволил выявить различия моделей по критерию следования инструкции. Наиболее строгое соблюдение ограничения по объему (150 слов) продемонстрировали GPT-4o и Claude Sonnet 4.6. При этом наивысшую совокупную оценку получили Gemini 3.1 Pro и Claude Sonnet 4.6, ответы которых содержали логическую разбивку на подпункты и релевантные ссылки на источники. Модель Deepseek, несмотря на высокое качество текста, оказалась в аутсайдерах по критерию наличия ссылочного аппарата, что критически важно для учебных целей.

Промт для художественного анализа

Промт 2: «Смотри, хочу прочитать роман Джека Лондона “Мартин Иден”. Можешь составить рецензию к этой книге (150 слов / 450 слов)»

Следует отметить, что в формулировке промта («...составь рецензию») явный запрет на раскрытие сюжетных поворотов отсутствовал. Таким образом, модели, включившие в ответ элемент пересказа (Sonar, DeepSeek, Nemotron) формально не нарушили инструкцию пользователя. Однако в контексте жанра «рекомендательной рецензии» данное поведение оценивается как стилистически менее удачное по сравнению с моделями, интуитивно избежавшим спойлеров (GPT-4o, Gemini, Claude).

Таблица 2

Сравнительный анализ ответов нейросетевых моделей на запрос о составлении рецензии на роман «Мартин Иден» (лимит 150 слов)

№	Модель (платформа)	Фактическое количество слов	Точность соблюдения лимита	Наличие структурных элементов (введение/основная часть/заключение)	Наличие спойлеров сюжета
1	Perplexity (Sonar)	108	72%	Отсутствует	Присутствуют
2	OpenAI GPT-4o (R)	135	90%	Присутствует	Отсутствуют
3	OpenAI GPT-4o mini (BR)	128	85%	Присутствует	Отсутствуют
4	Google Gemini 3.1 Pro	135	90%	Присутствует	Отсутствуют
5	Anthropic Claude Sonnet 4.6	128	85%	Присутствует (с элементами цитирования)	Отсутствуют
6	NVIDIA Nemotron 3 Super	153	102%	Отсутствует (поток сознания)	Присутствуют (фрагментарно)
7	DeepSeek	114	76%	Присутствует	Присутствуют
8	GigaChat	158	105%	Отсутствует	Отсутствуют

Таблица 3

Сравнительный анализ ответов нейросетевых моделей на запрос о составлении рецензии на роман «Мартин Иден» (лимит 450 слов)

№	Модель (платформа)	Фактическое количество слов	Точность соблюдения лимита	Качество аналитической составляющей	Примечания
1	Perplexity (Sonar)	374	83%	Низкое. Ответ сводится к пересказу сюжета	Модель не перешла к рецензии, осталась в рамках краткого содержания
2	OpenAI GPT-4o (R)	392	87%	Высокое. Присутствует анализ тем и актуальности романа	Модель демонстрирует понимание различия между рецензией и пересказом
3	OpenAI GPT-4o mini (BR)	383	85%	Среднее. Анализ менее глубокий, чем у GPT-4o	Ответ качественный, но несколько формальный
4	Google Gemini 3.1 Pro	423	94%	Среднее. Анализ тонет в громоздких формулировках	Точное попадание в объем, но страдает читабельность
5	Anthropic Claude Sonnet 4.6	383	85%	Сомнительное	Требуется дополнительная проверка на галлюцинации ответа
6	NVIDIA Nemotron 3 Super	459	102%	Низкое. Присутствуют элементы бессвязности и логических противоречий	Модель неспособна удержать связную аргументацию
7	DeepSeek	360	80%	Среднее. Анализ приближен к требуемому, но неполон	Модель дала удовлетворительный, но не выдающийся результат
8	GigaChat	482	107%	Высокое. Ответ отличается четкой структурой и стилистической цельностью	Несмотря на превышение объема, с литературной точки зрения- один из лучших ответов в выборке

Сопоставление данных таблиц 2 и 3 показало, что увеличение объема не всегда ведет к пропорциональному росту качества анализа: ряд моделей (Claude, Nemotron) продемонстрировал признаки деградации связности и фактологической достоверности текста. Для задач рекомендательной рецензии критичен не соблюдение лимита, а способность модели удерживать жанровые и стилистические рамки высказывания.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что метрика «качество сгенерированного ответа» не является константой для данной модели, а представляет собой зависимость от жанровой принадлежности промта.

Сопоставление результатов двух экспериментов показывает жанровую асимметрию современных LLM.

При работе с естественно-научным дискурсом модели склонны к структурной дисциплине и фактологической проверяемости (наличие ссылок у 5 из 8 участников).

При переходе к художественному дискурсу у ряда моделей наблюдается игнорирование количественных ограничений ради сохранения стилистической экспрессии.

Таким образом, при выборе нейросети для образовательных или профессиональных задач целесообразно ориентироваться не на усредненные рейтинги, а на профиль жанровой компетенции, выявленный экспериментальным путем.

Библиографический список

1. ВЦИОМ: 50% российских интернет-пользователей использовали нейросети в 2025 году // Новости в России и мире – ТАСС [Электронный ресурс] – URL: <https://tass.ru/obschestvo/25336701>
2. Латун И. Каждый второй интернет-пользователь России обращался к нейросетям за последний год / И. Латун // Новости сегодня в России и мире – Российская газета [Электронный ресурс] – URL: <https://rg.ru/2025/10/14/ac-vciom-polovina-rossiian-obrashchalis-k-nejrosetiam-za-poslednij-god.html>
3. Россия на 119 месте по использованию ИИ: что не так и как это исправить // HOCK Training - обучение в области финансов, внутреннего аудита, управления бизнесом и программирования [Электронный ресурс] – URL: <https://www.hocktraining.com/blog/statistika-ispolzovaniya-ii-v-rossii-2025>
4. 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.

References

1. VTSIOM: 50% of Russian Internet users used neural networks in 2025 // News in Russia and the world – TASS [Electronic resource] – URL: <https://tass.ru/obschestvo/25336701>
2. Latun I. Every second Internet user in Russia has accessed neural networks over the past year / I. Latun // News today in Russia and the world - Rossiyskaya Gazeta [Electronic resource] – URL: <https://rg.ru/2025/10/14/ac-vciom-polovina-rossiian-obrashchalis-k-nejrosetiam-za-poslednij-god.html>
3. Russia ranks 119th in the use of AI: what's wrong and how to fix it // HOCK Training - training in finance, internal audit, business management and programming [Electronic resource] – URL: <https://www.hocktraining.com/blog/statistika-ispolzovaniya-ii-v-rossii-2025>
4. Botienko A.V., Kuznetsov M.A., Sergeeva S.I. Analysis of varieties of artificial intelligence and prospects for its development / A.V. Botienko, M.A. Kuznetsov, S.I. Sergeeva // FES: Finance. Economy. Strategy. - 2024. - vol. 21. - No. 7 - Pp. 52-57.

УДК 005.962.131; 654.937

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суворцева
Никитин Д.С.*

Россия, г. Воронеж, тел 8-951-079-93-98

e-mail: Nikitinnil@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

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

Nikitin D.S.

Russia, Voronezh, ph.: 8-951-079-93-98

e-mail: Nikitinnil@yandex.ru

Д.С. Никитин

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОВ, ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ ЛЮДЬМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ, В СФЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Аннотация: Данная статья посвящена открытию кафе с роботами-официантами, дистанционно управляемыми людьми с ограниченными возможностями, в Воронеже. В ней представлен расчет экономического эффекта по таким ключевым показателям как срок окупаемости, чистый дисконтированный доход и индекс рентабельности.

Ключевые слова: инвалидность, люди с ограниченными возможностями, трудоустройство, роботы, роботы-официанты, сфера общепита, оценка эффективности, срок окупаемости, чистый дисконтированный доход, индекс рентабельности

D.S. Nikitin

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFECT OF USING REMOTE-CONTROLLED ROBOTS FOR PEOPLE WITH DISABILITIES IN THE PUBLIC CATERING INDUSTRY

Annotation: This article is devoted to the opening of a cafe with robot waiters remotely controlled by people with disabilities in Voronezh. It presents a calculation of the economic effect based on key indicators such as the payback period, net present value, and profitability index.

Keywords: disability, people with disabilities, employment, robots, robot waiters, public catering, efficiency assessment, payback period, net present value, profitability index

Воронеж, демонстрируя впечатляющий динамизм в развитии ресторанной индустрии и занимая лидирующие позиции среди российских мегаполисов по темпам открытия новых точек общепита, представляет собой идеальную площадку для реализации новаторского проекта. Речь идет о создании кафе, где обслуживание клиентов будет осуществляться роботами-официантами, управляемыми на удаленной основе людьми с ограниченными возможностями. Данная инициатива призвана не только решить актуальную проблему трудоустройства для этой категории граждан, но и привнести свежий взгляд в сферу гостеприимства.

Процесс взаимодействия с клиентами будет выстроен следующим образом.

Сотрудники с ограниченными возможностями, находясь в комфортных домашних условиях, получают доступ к своему персональному рабочему месту в системе кафе. После авторизации через защищенный логин и пароль, предоставленные при трудоустройстве, открывается интерфейс управления роботом. Благодаря высокоскоростному интернет-соединению, устанавливается прямая связь между устройством пользователя и роботом. Это позволяет оператору в режиме реального времени контролировать передвижение робота по

залу, осуществлять прием заказов, вести диалог с посетителями, предоставлять консультации по меню, презентовать блюда, доставлять их к столам, а также управлять процессом оплаты.

Для оптимизации и повышения уровня безопасности обслуживания роботы будут оснащены передовыми технологиями. В их числе интегрированный CIS-сканер для верификации подлинности банкнот, а также возможность принятия бесконтактных платежей с использованием банковских карт и QR-кодов через систему быстрых платежей.

Предлагаемый формат работы открывает для людей с ограниченными возможностями не только возможности профессиональной реализации, но и шанс на социализацию. Дистанционное общение с клиентами в живом режиме через видеосвязь позволяет формировать новые дружеские связи, ощущать свою причастность к социуму и получать позитивные эмоциональные впечатления от выполняемой работы.

Для самого кафе внедрение роботов-официантов, управляемых людьми с ограниченными возможностями, является мощным конкурентным преимуществом. Такая уникальность гарантирует повышенный интерес со стороны потенциальных клиентов и способствует формированию позитивного имиджа заведения.

Ключевой аудиторией кафе станут мужчины и женщины в возрасте 25-45 лет, ценящие свое время и предпочитающие не тратить его на приготовление пищи, а также руководители компаний, индивидуальные предприниматели, туристы и гости города.

По предварительным оценкам, ежедневно кафе в Воронеже будет обслуживать от 40 до 60 посетителей. При среднем чеке в 1500 рублей на человека ожидаемая среднемесячная выручка составит 2 250 000 рублей, а среднегодовая – 27 000 000 рублей.

Собственные средства инициатора проекта в данном случае не привлекаются. Финансирование предполагается осуществить за счет банковского кредита сроком на 1 год под 15% годовых. Детальный расчет необходимых инвестиций представлен в таблице 1.

Таблица 1

Инвестиционные затраты на реализацию инновационного проекта

Наименование инвестиционных затрат (основных средств)	Общие инвестиционные затраты, рублей.
1. Регистрация, включая получение всех разрешений	5000
2. Дизайн-проект помещения	100000
3. Подготовка технологических карты на продукцию	100000
4. Ремонт	600000
5. Вывеска	50000
6. Рекламные материалы	50000
7. Аренда на время ремонта	640000
8. Закупка оборудования	2830000
9. Прочее	20000
ИТОГО	4440000

Основная часть инвестиций приходится на приобретение оборудования. В таблице 2 представлены подробные затраты на оборудование.

Процесс обслуживания клиентов включает в себя поэтапную последовательность операций:

- оформление заказа (7 минут);
- выдача напитков (от 3 до 10 минут);
- сервировка холодных закусок (от 10 до 15 минут);
- подача горячих блюд (от 20 до 40 минут);
- выдача десертов (15 минут);
- расчет с клиентом (от 5 до 7 минут).

Таким образом, полное время обслуживания одного заказа варьируется от 60 до 94 минут со средним значением, составляющим $\bar{T}_{об} = 77$ минут (1,28 ч.).

Затраты на оборудование

Наименование инвестиционных затрат (основных средств)	Количество, шт.	Стоимость 1 единицы, руб.	Общие инвестиционные затраты, руб.
1. Холодильники и морозильные камеры	2	2000	40000
2. Варочные плиты	2	5000	10000
3. Духовки	4	12500	50000
4. Вытяжка	4	10000	40000
5. Холодильное и морозильное оборудование	1	150000	150000
6. Кухонная техника (мясорубка, миксеры, тостеры, блендеры и до.)	1	50000	50000
7. Посудомоечная машина	1	30000	30000
8. Столы на кухню	4	4000	16000
9. Стулья на кухню	8	1000	8000
10. Подвесные шкафчики	8	3000	24000
11. Производственный стол	1	5000	5000
12. Посуда для готовки	10	10000	100000
13. Электронные весы	1	2000	2000
14. Глубокая мойка из нержавеющей стали	1	15000	15000
15. Мойка для рук поваров	1	10000	10000
16. Столы для посетителей	15	20000	300000
17. Стулья и диваны	15	8000	120000
18. Столовые приборы	50	1000	50000
19. Кассовый аппарат	1	30000	30000
20. Торговая витрина	1	80000	80000
21. Система безопасности (огнетушители, пожарная сигнализация, охранная система)	1	200000	200000
22. Робот-официант	2	750000	1500000
Итого			2830000

Произведем оценку пропускной способности одного сервисного канала в сутки.

Режим работы кафе охватывает период с 10:00 до 22:00. Ежедневная посещаемость кафе находится в пределах 40-60 человек при вместимости 50 посадочных мест.

Интервал входящего потока заявок в час:

$$\lambda = \frac{40 + 60}{2 \times 12} = 4,17 = 4 \text{ клиента в час} \quad (1)$$

Интенсивность обслуживания во время параллельного обслуживания 5 клиентов:

$$\mu = \frac{1}{1,28/5} = 3,906 = 4 \text{ клиента в час} \quad (2)$$

Нагрузка системы:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

$$\rho = \frac{4,17}{3,906} = 1,067 = 1 \text{ клиент}$$

Расчет показателя p позволяет определить минимальный порог необходимого количества роботизированных официантов для эффективного обслуживания существующего потока заявок. Для предотвращения формирования критических очередей на начальном этапе работы потребуется минимум 2 работа-официанта, способных одновременно обслуживать до 5 клиентов [1-2].

Далее произведем расчет необходимого штатного состава сотрудников кафе. Структура штатного расписания и связанные с ним затраты на оплату труда указаны в таблице 3.

Таблица 3

Расчет численности и заработной платы работников

Наименование	Количество штатных единиц	Месячный оклад, руб.	Фонд оплаты труда, руб.	
			Годовой	Квартальная
Административно-управленческий персонал				
Управляющий	1	50000	600000	150000
Бухгалтер	1	35000	420000	105000
Администратор	2	80000	960000	240000
Основные рабочие				
Повар	2	90000	1080000	270000
Официант	2	60000	720000	180000
Официант, управляющий роботом	2	40000	480000	120000
Вспомогательные рабочие				
Посудомойщик	1	20000	240000	60000
Уборщик	1	20000	240000	60000
Итого	12	395000	4740000	1185000

Премияльные и прочие выплаты персоналу устанавливаются в размере, не превышающем 20% от общего фонда оплаты труда (ФОТ). Обязательные начисления на заработную плату (взносы в Пенсионный фонд, Фонд обязательного медицинского страхования и страховые отчисления) производятся в соответствии с действующими законодательными нормами.

Годовая сумма амортизационных отчислений устанавливается на уровне 10%.

Ежемесячные операционные расходы представлены в таблице 4.

Таблица 4

Ежемесячные затраты

Наименование затрат	Общие ежемесячные затраты, руб.
1. ФОТ	395000
2. Дополнительные, премиальные и прочие выплаты	79000
3. Аренда помещения (185 м ²)	180000
4. Амортизация	283000
5. Коммунальные услуги	30000
6. Закупка продуктов	700000
7. Непредвиденные расходы	20000
Итого	1691000

Маркетинговая стратегия, направленная на привлечение и удержание клиентов, включает:

- создание, наполнение и SEO-оптимизацию веб-сайта для онлайн-бронирования;
- распространение информационных буклетов на начальном этапе проекта;
- наружную рекламу (билборды);
- контекстную рекламу;
- продвижение в социальных сетях.

Инвестиции в рекламу и продвижение отражены в таблице 5.

Таблица 5

План рекламы и продвижения

Наименование мероприятий	Затраты в месяц, руб.	Периодичность проведения мероприятия, месяцев	Годовые затраты на маркетинг, руб.
Создание сайта	150000	Единовременно	150000
Наполнение и продвижение сайта	15000	12	180000
Наружная реклама на билбордах	7000	1	7000
Реклама в социальных сетях	15000	2	90000
Контекстная реклама	20000	12	240000
Печать и распространение буклетов	7000	1	7000
Итого бюджет маркетинга	-	-	674000

Доходы проекта генерируются за счет реализации готовых блюд и амортизационных отчислений. Общие расходы проекта подразделяются на единовременные (инвестиционные) и регулярные (операционные), включая налоги, процентные платежи по кредитам, маркетинговые затраты и ежемесячные операционные расходы. Налог на прибыль начисляется только при плановой прибыльности в отчетном квартале. Стандартная процентная ставка по банковским кредитам составляет 15% годовых. Погашение основного долга по кредиту планируется после достижения стабильного уровня доходов [3-7].

Анализ эффективности инновационных проектов является предметом многочисленных исследований, представленных как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Несмотря на изобилие разработанных подходов и методик в сфере управления инновациями, не существует единого универсального стандарта для оценки подобных проектов на уровне конкретной организации. Традиционно методы оценки подразделяются на две основные группы: статические (учетные) и динамические (дисконтированные) подходы.

В контексте данного исследования для определения экономической целесообразности внедрения роботов-официантов, управляемых дистанционно операторами с ограниченными возможностями в сети кафе города Воронежа, будут применены ключевые показатели инвестиционной оценки: срок окупаемости (PP), чистый дисконтированный доход (NPV) и индекс рентабельности (PI).

Срок окупаемости инвестиций (Payback Period, PP) – это временной интервал, начинающийся с момента старта реализации проекта и завершающийся тогда, когда сумма накопленных чистых денежных потоков от проекта полностью покрывает первоначальные капиталовложения. Данный метод определяет, за какой период времени будут возвращены вложенные средства. Для расчета простого срока окупаемости используется следующая формула (при условии равномерного распределения денежных потоков):

$$PP = IC / \sum_{t=1}^N \frac{Fv_n}{(1+r)^t}, \quad (4)$$

где PP – срок окупаемости;

Fv_n – денежный поток за период t ;

r – ставка дисконта;

C – первоначальные капиталовложения.

Произведенные расчеты показывают, что срок окупаемости проекта составляет:

$$PP = 4\,440\,000 \text{ руб.} / 4\,656\,378,4 \text{ руб./год} = 0,9535 \text{ года.}$$

Этот результат эквивалентен примерно одному календарному году или 12 месяцам.

В общем случае проект считается привлекательным, если его срок окупаемости не превышает установленные инвесторами лимиты. При наличии нескольких альтернативных проектов предпочтение отдается тому, у которого данный показатель минимален. Важно отметить, что срок окупаемости отражает время возврата вложенных средств, а не период получения чистой прибыли.

Столь быстрый возврат инвестиций, составляющий менее года, является ключевым фактором, демонстрирующим высокую степень финансовой устойчивости и привлекательности проекта. Минимальный срок окупаемости существенно снижает инвестиционные риски, поскольку инвесторы восстанавливают свои капиталовложения в весьма краткосрочной перспективе. Это, в свою очередь, минимизирует подверженность проекта внешним экономическим колебаниям и рыночной неопределенности. Такой показатель делает проект исключительно ценным для тех, кто ищет инвестиции с высокой ликвидностью и стремлением к оперативной генерации доходности.

Концепция чистой приведенной стоимости (NPV) служит фундаментальным инструментом оценки экономической привлекательности инвестиционных проектов. Она позволяет количественно определить дисконтированную ценность проекта, представляющую собой алгебраическую разницу между суммой дисконтированных ожидаемых денежных потоков, генерируемых проектом, и дисконтированной величиной всех необходимых расходов на его осуществление, включая стартовые капиталовложения.

Для практического применения расчет чистой приведенной стоимости (NPV) традиционно структурируется в несколько последовательных этапов:

1. Идентификация и количественное определение объема первоначальных капиталовложений (IC). Эти инвестиции представляют собой стартовые затраты, необходимые для запуска и реализации проекта.

2. Расчет приведенной стоимости (Present Value, PV) всех ожидаемых будущих денежных потоков от проекта. На этом этапе осуществляется дисконтирование прогнозируемых поступлений (CF) каждого периода к текущему моменту времени с использованием заданной ставки дисконтирования:

$$PV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (5)$$

где PV – общая текущая стоимость доходов проекта;

n – число периодов;

CF_t – приток денежных средств в период t;

r – ставка дисконтирования.

Для нашего проекта: PV = 4 656 378,4 рублей.

3. Окончательное вычисление чистой приведенной стоимости (NPV). Данный показатель определяется как разность между суммарной текущей стоимостью будущих доходов проекта (PV) и объемом первоначальных инвестиционных затрат (IC).

$$NPV = PV - IC = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IC, \quad (6)$$

где PV – общая текущая стоимость доходов проекта;

IC – первоначальные капиталовложения.

Расчетное значение NPV: 4 656 378,4 – 4 440 000 = 216 378,4 рублей.

Интерпретация полученного значения NPV имеет ключевое значение для принятия инвестиционных решений. Положительное NPV (NPV > 0) является явным свидетельством экономической эффективности и целесообразности проекта, указывая на создание дополнительной стоимости для инвесторов и превышение ожидаемой доходности над требуемой. В случае отрицательного значения (NPV < 0) проект считается

нежизнеспособным, так как прогнозируемые доходы не покрывают инвестиционные затраты и не обеспечивают компенсацию за принимаемые риски, что делает инвестицию нерентабельной.

Применительно к рассматриваемому проекту полученное значение NPV в размере 216 378,4 рублей, будучи положительным, однозначно подтверждает высокую экономическую привлекательность проекта. Это означает, что дисконтированная сумма будущих доходов значительно превосходит дисконтированные издержки, включая начальные инвестиции, создавая чистую добавочную стоимость для потенциальных инвесторов. Таким образом, с позиции финансового анализа данный проект является высокоперспективным и рекомендованным к внедрению, поскольку он демонстрирует способность генерировать прибыль, существенно превышающую пороговую доходность, что способствует устойчивому приумножению капитала.

Показатель индекса прибыльности (Profitability Index, PI) выступает в качестве относительной метрики, характеризующей потенциал доходности инвестиционного проекта. Его основное назначение – отобразить дисконтированную ценность финансовых поступлений от реализации проекта в расчете на каждую единицу затраченного инвестиционного ресурса.

Формула для определения индекса доходности капиталовложений представляет собой соотношение суммарной приведенной стоимости будущих денежных потоков, генерируемых проектом, к величине приведенной стоимости начальных инвестиционных затрат:

$$PI = \frac{NPV}{IC}, \quad (7)$$

где NPV – чистые приведенные денежные потоки проекта;
IC – первоначальные капиталовложения.

На основе представленных данных, расчетное значение PI составляет: $4\,656\,378,4 / 4\,440\,000 = 1,0487$, что при округлении равно 1,05.

Критерий отбора инвестиций, базирующийся на индексе прибыльности ($PI > 1$), концептуально схож с критерием чистого приведенного дохода ($NPV > 0$). Важным отличием является то, что PI служит не только индикатором прибыльности, но и напрямую отражает эффективность использования инвестированного капитала, чего не обеспечивает NPV в чистом виде. Дополнительно проекты с более высоким PI, как правило, демонстрируют повышенную сопротивляемость к неблагоприятным рыночным условиям.

Конкретное значение индекса рентабельности, равное 1,05 и превышающее единицу, недвусмысленно указывает на высокую привлекательность данного проекта с инвестиционной точки зрения. Интерпретация данного показателя заключается в том, что каждый рубль инвестиций способен принести 1,05 рубля приведенной стоимости доходов, что является свидетельством значительного прироста стоимости. Следовательно, проект способен генерировать доходность, превышающую объем первоначальных вложений, что делает его крайне привлекательным объектом для инвестирования и подчеркивает его способность к эффективному накоплению капитала.

Детальный анализ бизнес-плана выявил высокую экономическую эффективность проекта, прогнозируя полный возврат инвестиций менее чем за один год. Этот показатель является убедительным свидетельством значительного потенциала и многообещающих перспектив для последующего роста и масштабирования. Финансовая модель предполагает выход на операционную прибыль с двенадцатого месяца. Ключевые метрики подтверждают привлекательность: чистая приведенная стоимость (NPV) составляет 216 378,4 руб., а индекс прибыльности инвестиций (PI) достигает 1,05. Превышение индексом единицы однозначно указывает на инвестиционную привлекательность и целесообразность капитальных вложений [8-9].

Следовательно, проект обладает двойной ценностью: он генерирует не только существенный экономический эффект, но и значимый социальный вклад.

Обоснованные выводы, сделанные на основе проведенных расчетов и анализа, подчеркивают исключительную перспективность и устойчивый потенциал проекта. Его способность отвечать запросам целевой аудитории в сочетании с ожидаемыми высокими финансовыми показателями делает его крайне привлекательным для инвесторов, гарантируя успешную имплементацию и долгосрочную прибыльность.

Для Воронежа появление инновационного кафе с роботами-официантами, управляемыми лицами с ограниченными возможностями, обеспечит беспрецедентную уникальность, что, в свою очередь, будет способствовать значительному увеличению туристического потока и расширению пула потенциальных клиентов.

После необходимой корректировки и адаптации бизнес-плана модель применения дистанционно управляемых роботов-официантов, задействующих людей с ограниченными возможностями, может быть успешно внедрена и тиражирована в сегменте общественного питания по всей территории Российской Федерации.

Библиографический список

1. Баринов, В. А. Бизнес-планирование / В.А. Баринов. – М.: Форум, 2023. – 256 с.
2. Бронникова, Т. С. Разработка бизнес-плана проекта / Т.С. Бронникова. – М.: Альфа-М, Инфра-М, 2023. – 224 с.
3. Гришин, В. В. Разрабатываем бизнес-стратегию фирмы. Практическое пособие / В.В. Гришин, В.Г. Гришина. – М.: Дашков и Ко, 2021. – 206 с.
4. Завлина П.В. Оценка эффективности инноваций / П.В. Завлина – М.: Феникс, 2022. – 98 с.
5. Исаев И.Н. Инновационные проекты: от идеи до внедрения / И.Н. Исаев – М.: Инфра-М, 2021. – 320 с.
6. Кантор, Е. Л. Планирование на предприятии / Е.Л. Кантор, Г.А. Маховикова, И.И. Дрогомирецкий. – М.: Вектор, 2021. – 160 с.
7. Карпов, Александр Стратегическое управление и эффективное развитие бизнеса / Александр Карпов. – Москва: Мир, 2021. – 528 с.
8. Киреев Н.А. Управление инновационными проектами / Н.А. Киреев – СПб: Питер, 2022. – 272 с.
9. Катсигрис К. Учебник ресторатора: проектирование, оборудование, дизайн / К. Катсигрис, Т. Крис – М.: Ресторанные ведомости, 2024. – 508 с.

References

1. Barinov, V. A. Business Planning / V.A. Barinov. – Moscow: Forum, 2023. – 256 p.
2. Bronnikova, T. S. Development of a Business Plan for a Project / T.S. Bronnikova. – Moscow: Alfa-M, Infra-M, 2023. – 224 p.
3. Grishin, V. V. Developing a Business Strategy for a Company. A Practical Guide / V.V. Grishin, V.G. Grishina. – Moscow: Dashkov and Co., 2021. – 206 p.
4. Zavlina, P.V. Assessing the Effectiveness of Innovations / P.V. Zavlina. – Moscow: Phoenix, 2022. – 98 p.
5. Isaev, I.N. Innovative Projects: From Idea to Implementation / I.N. Isaev. – Moscow: Infra-M, 2021. – 320 p.
6. Kantor, E. L. Planning at the Enterprise / E.L. Kantor, G.A. Makhovikova, I.I. Drogomiretsky. – M.: Vector, 2021. – 160 c.
7. Karpov, Alexander Strategic Management and Effective Business Development / Alexander Karpov. – Moscow: Mir, 2021. – 528 c.
8. Kireev, N.A. Management of Innovative Projects / N.A. Kireev. – St. Petersburg: Peter, 2022. – 272 p.
9. Katsigris K. Restaurateur's Handbook: Design, Equipment, and Design / K. Katsigris, T. Chris. Moscow: Restaurant News, 2024. 508 p.

УДК 331.596

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суворцева*

Д.С. Никитин

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-951-079-93-98

e-mail: Nikitinnil@yandex.ru

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

А.В. Ботиенко

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-961-186-97-21

e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru

Voronezh State

Technical University

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

D.S. Nikitin

Russia, Voronezh, ph.: 8-951-079-93-98

e-mail: Nikitinnil@yandex.ru

*Senior lecturer of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev*

A.V. Botienko

Russia, Voronezh, ph.: 8-961-186-97-21

e-mail: BotienkoAlyona1996@mail.ru

Д.С. Никитин, А.В. Ботиенко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ТРУДОУСТРОЙСТВА ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Аннотация: Данная статья посвящена актуальной проблеме трудоустройства людей с ограниченными возможностями здоровья. В рамках работы подробно анализируется как зарубежный, так и отечественный опыт применения роботов-официантов в сфере обслуживания. Кроме того, в статье приводится развернутая характеристика моделей роботов, которые наиболее адаптированы для использования в российских условиях и могут рассматриваться в качестве эффективного инструмента для решения проблемы занятости инвалидов.

Ключевые слова: инвалидность, люди с ограниченными возможностями, трудоустройство, роботы, роботы-официанты, сфера общепита

D.S. Nikitin, A.V. Botienko

USING ROBOTS TO SOLVE THE PROBLEM OF EMPLOYING PEOPLE WITH DISABILITIES

Abstract: This article is devoted to the urgent problem of employment of people with disabilities. The work analyzes in detail both the foreign and domestic experience of using robot waiters in the service sector. In addition, the article provides a detailed description of the robot models that are most adapted for use in Russian conditions and can be considered as an effective tool for solving the problem of employment of people with disabilities.

Keywords: disability, people with disabilities, employment, robots, robot waiters, public catering

В настоящее время, в условиях стремительно развивающихся технологий искусственного интеллекта и роботизации, наиболее важной и острой как в России, так и во всем мире, является проблема трудоустройства людей с ограниченными возможностями.

В основном данная проблема связана с отсутствием рабочих мест и нежеланием работодателей нанимать инвалидов, так как это требует дополнительных затрат и усилий. Также часто складывается ошибочное мнение, что люди с ограниченными возможностями обладают более низкой производительностью труда. В последние годы роботы и

искусственный интеллект стремительными темпами внедряются на предприятиях и в различных сферах, что способствует массовому сокращению рабочих мест. Но нельзя предоставлять полный доступ искусственному интеллекту и роботам, полностью заменяя работников, человек должен контролировать их, вовремя устраняя сбои и возникающие ошибки и использовать лишь в качестве помощника и инструмента. Взаимовыгодный симбиоз роботов и человека будет способствовать повышению производительности труда.

Инвалидность, затрагивающая около 1,3 миллиарда человек в мире, является широко распространенным явлением, оказывающим существенное влияние на жизнь людей. Миллионы человек, столкнувшись с различными заболеваниями, травмами или врожденными особенностями, приобретают инвалидность. По статистике, около 16% населения мира страдает от хронических заболеваний, а число людей с ограниченными возможностями неуклонно растет. Эти люди, независимо от пола, возраста, гендерной идентичности, расы или этнической принадлежности, сталкиваются с особыми жизненными вызовами, которые могут повлиять на продолжительность их жизни и качество здоровья.

В Российской Федерации проблема инвалидности также актуальна. В 2024 году, согласно данным, представленным в таблице 1, количество людей с инвалидностью достигло значительных значений [11].

Таблица 1

Общая численность инвалидов в РФ по группам инвалидности в период с 2016 по 2024 годы

Годы	Всего лиц с ограниченными способностями, тыс. человек	I группа	II группа	III группа	Дети-инвалиды
2016	12751	1283	6250	4601	617
2017	12261	1309	5921	4395	636
2018	12111	1466	5552	4442	651
2019	11947	1433	5356	4488	670
2020	11875	1422	5209	4556	688
2021	11631	1367	4982	4578	704
2022	11331	1304	4745	4553	729
2023	10933	1282	4506	4423	722
2024	11123	1198	4502	4642	779

Анализ тенденций показывает, что, несмотря на определенные успехи в снижении числа инвалидов в РФ, люди с ограниченными возможностями по-прежнему сталкиваются с рядом серьезных трудностей.

Люди с ограниченными возможностями часто испытывают трудности при трудоустройстве, так как их рабочие места и обязанности требуют адаптации. Однако, труд играет важнейшую роль в жизни каждого человека, обеспечивая не только экономическую самостоятельность, но и возможность самореализации, творческого развития и социальной интеграции. Трудовая деятельность позволяет человеку ощутить свою значимость, внести вклад в общество и почувствовать себя полноценным членом коллектива.

Причины инвалидности разнообразны и могут включать общие заболевания, детские травмы, профессиональные болезни, а также тяжелые последствия таких событий, как Чернобыльская катастрофа. Степень ограничения трудоспособности также варьируется: от необходимости адаптации рабочего места и использования вспомогательных устройств до полной невозможности трудоустройства.

В России государственная служба занятости активно работает над поддержкой людей с ограниченными возможностями, предлагая услуги по профориентации, переобучению и трудоустройству. Разрабатываются индивидуальные программы реабилитации, направленные на интеграцию инвалидов в общество и предоставление им равных возможностей [2].

Компании, стремящиеся к инклюзивности, внедряют специальные меры для трудоустройства людей с особыми потребностями, включая установку специального оборудования, предоставление льготного кредитования и создание условий труда,

соответствующих индивидуальным программам реабилитации. Важной частью этого процесса является профессиональное обучение, психологическая помощь и повышение квалификации.

Трудовая деятельность, даже при отсутствии острой финансовой необходимости, имеет огромное значение для людей с ограниченными возможностями. Она способствует повышению самооценки, социальному взаимодействию и ощущению полноты жизни [1].

Инклюзивные подходы, например, такие как использование роботов-официантов, управляемых людьми с ограниченными возможностями, демонстрируют потенциал для создания новой, более доступной и эмпатичной рабочей среды.

Впервые роботов для трудоустройства людей с ограниченными возможностями в качестве эксперимента начали использовать за рубежом.

В 2018 году японская компания Qry Laboratory, специализирующаяся на робототехнике, начала внедрять уникальный проект: роботы-официанты, управляемые людьми с ограниченными возможностями. Эти машины, обладающие антропоморфным дизайном, были призваны помочь людям с заболеваниями, такими как боковой амиотрофический склероз и спинальная мышечная атрофия, вновь обрести возможность участвовать в трудовой деятельности. Первое такое кафе с концепцией, сочетающей новейшие технологии с заботой о клиентах, открылось в центре Токио в июне. В отличие от традиционных заведений, это кафе предлагает не только напитки, но и еду, которую подают роботы.

В этом инновационном предприятии задействовано несколько типов роботов. Одним из них является человекоподобный робот высотой 120 см, который благодаря своим подвижным рукам способен принимать заказы от клиентов и подавать напитки и закуски. Особое внимание уделено возможности удаленного управления. Сотрудники, находящиеся вне кафе, могут наблюдать за посетителями через камеры роботов и общаться с ними посредством динамиков и микрофонов. Таким образом, они могут не только вести диалог, но и решать возникающие проблемы, используя речь робота. Имена и фотографии каждого сотрудника размещены на роботах, чтобы посетители могли видеть, кто управляет их официантом, и ощущать индивидуальный подход. Роботы способны выражать эмоции, меняя цвет глаз, положение головы и рук, что придает общению большую живость [4].

26 ноября 2018 года в здании Фонда Nirron в Токио было запущено первое в мире кафе «Dawn veg.β», где официантами выступили роботы, управляемые удаленно людьми с ограниченными возможностями. Изначально проект был ограниченным, и тестирование проходило до 7 декабря, охватывая персонал в количестве 10 человек. Работа парализованных сотрудников, управляющих роботами, оказалась очень успешной. Они смогли заработать в среднем 8,80 долларов США в час, что соответствует стандартной заработной плате официанта при полной занятости в Японии. Это стало важным шагом к их социальной и экономической интеграции.

Для реализации этого проекта были привлечены значительные инвестиции. Создатели кафе привлекли 1,5 миллиона йен (около 13000 долларов США) от японского краудфандинга, а также средства от Макуаке. Финансирование проекта продолжается, и ожидается, что кафе будет полностью автоматизировано. Подобные роботизированные кафе планируется открыть и в других регионах Японии.

В токийском кафе, расположенном в здании Фонда «Японского фонда», особую роль играют роботы, помогающие людям с ограниченными возможностями. Эти роботы, управляемые сотрудниками, которые сами имеют ограниченные возможности, обеспечивают беспрепятственное получение услуг. Клиенты могут самостоятельно выбирать блюда, делать заказы, а роботы-официанты, оснащенные специальными функциями, обслуживают их быстро и эффективно. В дальнейшем планируется расширение функционала роботов, чтобы они могли выполнять более сложные задачи, например, готовить еду [5].

Представитель коммуникационного отдела «Японского фонда», Сатиё Иидзава, подчеркнула, что цель таких роботов – предоставить возможность людям с ограниченными

возможностями вновь ощутить себя полноценными членами общества, независимо от их физического состояния.

По словам Иидзавы, управление роботами осуществляется через интернет-соединение с мобильных устройств, что позволяет людям с ограниченными возможностями работать из дома или любого другого места.

Данные, полученные в ходе пилотного проекта, показали, что роботы-официанты могут работать около 1000 часов в месяц, зарабатывая около 10 долларов в час. Этот проект не только открывает новые возможности для людей с ограниченными возможностями, но и способствует развитию робототехники в Японии. Орихима, как самостоятельная роботизированная система, успешно справляется с задачами, включая общение с клиентами и выполнение заказов.

Этот проект получил поддержку от ведущих японских компаний, таких как «ANA» и «Олимпийские и Паралимпийские игры в Токио». Создатели проекта, включая доцента Политехнического института Канагавы Итиги Ямадзаки, видят в нем не только средство трудоустройства, но и способ привлечения внимания к проблемам инвалидов.

Блогеры и посетители проекта высоко оценили его значимость. Они отмечают, что Япония становится страной, где роботы активно внедряются в повседневную жизнь, преодолевая барьеры и улучшая качество жизни людей.

12 ноября 2023 года в Токио открылось еще одно кафе для туристов, где работают роботы-официанты. Это кафе, «Dawn Avatar», расположено в районе Нихонбаси-Хончо, и его главная цель – предоставить людям с ограниченными возможностями возможность работать в сфере обслуживания.

Посетители могут насладиться футуристическими впечатлениями, находясь в роботизированном кафе. Инновационный подход к бизнесу привлек внимание блогеров, включая Маз Грин, который поделился своим видео о «кафе будущего» в социальных сетях. Он отметил, что роботы-официанты, управляемые людьми с ограниченными возможностями, не только выполняют свои обязанности, но и становятся настоящими друзьями для посетителей.

Один из комментаторов отметил, что роботы создают возможность для тех, кто иначе не смог бы найти работу, тем самым помогая людям с ограниченными возможностями. Он считает это значимой инициативой.

Туристы, посещающие кафе, могут заказать широкий выбор блюд, включая буррито, карри, суши, торты, кофе, сырники, соки, газированные напитки и пиво. Стоимость блюд начинается от 730 йен (около 500 рублей).

В роботизированном кафе «Dawn Avatar» роботы-официанты, управляемые людьми с ограниченными возможностями, обеспечивают обслуживание без каких-либо нареканий.

Благодаря инвестициям в размере нескольких миллионов долларов, люди с ограниченными возможностями получили возможность найти работу в сфере обслуживания. Орихима, оснащенные камерами, микрофонами и динамиками, успешно взаимодействуют с клиентами. В кафе также есть робот-бариста, который может готовить кофе.

Проект, разработанный совместно с Ory Lab, получил поддержку от крупных компаний и краудфандинговых платформ. Разработчики уверены, что этот проект станет катализатором для дальнейшего развития роботизированных решений в сфере обслуживания.

В будущем планируется расширить масштабы проекта, чтобы роботы могли работать в магазинах и на складах по всему миру. В Японии уже идет активная работа в этом направлении. В октябре 2023 года в Токио прошла выставка роботов, организованная Министерством экономики, торговли и промышленности Японии. На выставке были представлены роботы, разработанные для различных отраслей, включая сферу обслуживания, торговлю и промышленность.

Выставка также включала демонстрацию роботов, способных оказывать помощь людям с ограниченными возможностями, в том числе и в быту. Подобные разработки, как ожидается, станут неотъемлемой частью нашей жизни в будущем.

Токийское кафе «Мир Имани» открыло новые горизонты для инклюзивной занятости, предлагая работу людям с ограниченными возможностями. Роботы-официанты, управляемые такими людьми, составляют 50 единиц.

Япония стремится стать мировым лидером в области робототехники. Этот проект – яркое тому подтверждение. Он демонстрирует, как технологии могут быть использованы для создания более справедливого и доступного общества, где каждый человек, независимо от своих физических возможностей, может найти свое место и реализовать свой потенциал [6].

В России в настоящее время роботы не используются в качестве решения проблемы трудоустройства инвалидов.

Но они начинают массово набирать популярность, и большое количество кафе по всей России начали внедрять роботов-официантов, призванных сделать обслуживание клиентов более удобным и оригинальным. Впервые подобные технологии были опробованы в Уфе в кафе «Разжигатели», где робот-официант BellaBot продемонстрировал свою способность принимать заказы, подавать блюда и даже поздравлять гостей с праздниками.

Дальнейшие эксперименты продолжились в 2020 году в Москве, где в сети кофеен «Шоколадница» были задействованы роботы-официанты Pudu Robotics. Стоимость внедрения такого сервиса составила 12000 долларов, а партнером выступила компания «ИнфраПрайм Технолоджи». Роботы, оснащенные функциями распознавания речи, эмоций и языка, способны обслуживать гостей на английском, китайском и русском языках, предлагая меню и напитки.

В Вологде роботы-официанты BellaBot также нашли применение в кафе «ПиццаФабрика». Они способны перемещаться со скоростью 1,2 метра в секунду, перевозить до 40 кг груза и самостоятельно выбирать оптимальный маршрут. В случае возникновения препятствий роботы способны экстренно остановиться.

В апреле 2022 года в Набережных Челнах роботы-официанты появились в кафе «Компот». Робот активно взаимодействует с гостями, принимает заказы, развлекает детей и служит визитной карточкой заведения. В Китае аналогичные разработки были успешно адаптированы для российских ресторанов.

В кафе «Компот» роботы удивляют гостей своей милой внешностью и интерактивными возможностями. Они способны здороваться, танцевать, реагировать на прикосновения и поздравлять с днем рождения. Благодаря своей маневренности и скорости реакции, роботы справляются с любыми задачами, что делает их ценным дополнением к любому заведению.

22 ноября 2021 года в историческом здании Присутственных мест Казанского Кремля открылось кафе «Алан-аш», где заказы гостям приносит робот-официант в тубетейке [3].

В июне 2022 года роботы-официанты появились и в Воронеже, где кафе «Андерсон» начало использовать робота «Валера». Робот способен поздравлять гостей с праздниками, демонстрировать эмоции и развлекать детей. Его способность быстро ориентироваться в пространстве и взаимодействовать с клиентами делает его привлекательным дополнением для любого кафе [9-10].

Роботы-официанты становятся все более популярными в России, и их число продолжает расти. Они предлагают оригинальный подход к обслуживанию клиентов, добавляя элемент интерактивности и развлечения в атмосферу кафе.

Поэтому наиболее перспективными и привлекательными направлениями трудоустройства людей с ограниченными возможностями является открытие кафе, в котором в качестве официантов будут выступать роботы, управляемые людьми с ограниченными возможностями.

Процесс обслуживания клиентов в данном заведении будет осуществляться следующим образом.

Лицо с ограниченными возможностями здоровья, находящееся в домашних условиях, будет заходить в личный кабинет, непосредственно привязанный к роботу, с помощью пароля и логина, которые будут высланы ему после трудоустройства в данном заведении. После входа в личный кабинет посредством интернет-соединения между роботом и устройством, с которого будет осуществлен вход, возникает связь, в результате которой человек с ограниченными возможностями будет способен управлять роботом в режиме реального времени через видеосвязь, контролируя процесс перемещения робота по залу, а также все его основные функции (рис. 1).



Рис.1. Основные функции роботами-официанта

Использование роботов способствует оптимизации и безопасности процесса обслуживания, так как робот будет оснащен CIS-сканером – системой проверки банкнот, возможностью бесконтактной оплаты банковской картой, QR-кодом через систему быстрых платежей.

В процессе живого общения с клиентом через видеосвязь люди с ограниченными возможностями, находясь дома, смогут не только выполнять работу, но и заводить друзей и находится в социуме, а также получать положительные эмоции.

Для точки питания использование роботов-официантов, управляемых людьми с ограниченными возможностями, делает его уникальным и способствует привлечению большего количества потенциальных покупателей.

Наиболее подходящими моделями являются роботы компании Pudu Robotics, основанной в Китае в 2016 году и занимающей лидирующие позиции в сфере робототехники, предлагая решения для различных отраслей, включая рестораны, магазины, больницы и исследовательские центры. Их робот BellaBot - один из самых популярных в мире, так как выделяется благодаря инновационному дизайну, интерактивности и продвинутым функциям [8]. Робот обладает эргономичным дизайном, приятным для глаз, что способствует созданию дружелюбной атмосферы. BellaBot способен перевозить товары, работать в качестве официанта, а также выполнять другие задачи, например, уборку и доставку. Использует передовые системы навигации (визуальный и лазерный SLAM) для точного позиционирования и обхода препятствий, распознавая объекты на расстоянии до 5400 мм.

Технические характеристики BellaBot:

- Размеры: 565x537x1290 мм;

- Вес: 55 кг;
- Материалы: АБС-пластик и авиационный алюминий;
- Автономность: 7-часовая работа от сменных аккумуляторов;
- Скорость: 0,5-1,2 м/с (регулируемая);
- Грузоподъемность лотка: 10 кг;
- Высота поддержки камеры: 2-8 м;
- Система загрузки: 3 регулируемых уровня контейнеров;
- Позиционирование: PUDU SLAM;
- Зарядка: полная зарядка за 4 часа;
- Производительность: до 400 доставок в день;
- Время работы: 10-24 часа без подзарядки;
- Преодоление препятствий: до 1 см;
- Обнаружение препятствий: до 10 метров;
- Картографирование: создание онлайн-карт с высоким разрешением;
- Передвижение: использование закрытых ящиков вместо поддонов;
- Доставка: бесконтактная;
- Управление: сенсорный элемент.

Дополнительные функции и возможности:

- Увеличение трафика: создание «эффекта вау» для привлечения посетителей;
- Социальная активность: взаимодействие и уведомление в социальных сетях;
- Развлечения: поздравление именинников с песнями и тематическими анимациями;
- Уборка: помощь в уборке столов;
- Музыкальное сопровождение: воспроизведение фоновой музыки в соответствии с атмосферой;
- Персонализированные приветствия: поддержка голосовых сообщений для фонового приветствия;
- Удобство заказа: бесплатная доставка заказов и напитков;
- Коммуникация: передача голосовых сообщений и специальных предложений.



Рис.2. BellaBot

BellaBot создан для того, чтобы стать идеальным помощником для людей, обеспечивая удобство, безопасность и технологичность. Его дружелюбный внешний вид вызывает положительные эмоции [12].

PuduBot, хоть и менее известен, чем BellaBot, также является востребованным роботом для доставки в различные учреждения, включая рестораны, библиотеки и больницы. Он отличается удобным дизайном и обеспечивает эффективную доставку.

Основные характеристики PuduBot:

- Грузоподъемность: 40 кг;
- Управление: через облако, удаленный вызов, автоматический выбор маршрута, аудиомодуль;
- Безопасность: избегание столкновений и преодоление препятствий;
- Энергоэффективность: быстрая зарядка (4 часа) и длительное время работы (24 часа без подзарядки)

Стоимость роботов этого типа составляет около 750 тысяч рублей. Поставка от китайской компании минимизирует риски, связанные с доставкой, обслуживанием и запчастями [7].

Помимо сферы общественного питания наиболее перспективными направлениями использования роботов для трудоустройства лиц с ограниченными возможностями является банковская сфера, где лица с инвалидностью разной формы и тяжести могут выполнять работу консультантов, или сфера туризма, предоставляющая работу экскурсоводами. В ближайшем будущем сферы использования будут постепенно расширяться, предоставляя все более разнообразные рабочие места, подходящие по душе для каждого человека.

Таким образом, взаимовыгодный симбиоз роботов и человека будет не только предоставлять дополнительные рабочие места для людей с ограниченными возможностями, а также будет способствовать повышению производительности труда.

Библиографический список

1. Завлина П.В. Оценка эффективности инноваций / П.В. Завлина – М.: Феникс, 2022. – 98 с.
2. Карпов, А. Стратегическое управление и эффективное развитие бизнеса / А. Карпов. – Москва: Мир, 2021. – 528 с.
3. В казанском кафе вместо официантов еду начал подносить робот [Электронный ресурс] - URL: <https://trt-tv.ru/news/v-kazanskom-kafe-vmesto-oficiantov-edu-nachal-podnosit-robot/>
4. В Токио тестируют кафе, где работают роботы, управляемые парализованными людьми [Электронный ресурс] - URL: <https://kiosksoft.ru/news/2018/12/12/v-tokio-poyavilos-kafe-gde-rabotayut-roboty-upravlyaemye-paralizovannymi-lyudmi-16639>
5. В Японии появились роботы-официанты под управлением инвалидов [Электронный ресурс] - URL: <https://asia-news-ru.cdn.ampproject.org/v/s/asia-news.ru/japonija/>
6. В Японии роботы-официанты в кафе дают работу инвалидам [Электронный ресурс] - URL: <https://weekend.rambler.ru/other/41359736-v-yaponii-roboty-ofitsianty-v-kafe-dayut-rabotu-invalidam/>
7. Мурлыкающие роботы-официанты [Электронный ресурс] - URL: <https://kiozk.ru/article/ekspert/murlykausie-roboty-oficianty>
8. Официант робот-аватар [Электронный ресурс] - URL: <https://nnd.name/2018/09/ofitsiant-robot-avatar/>
9. Робот-официант [Электронный ресурс] - URL: <https://robot4b.ru/sevice-bot/bella-bot/>
10. Роботы-официанты и их применение: рестораны будущего [Электронный ресурс] - URL: <https://top3dshop.ru/blog/robots-waiters-and-their-application.HTML>
11. Федеральная служба Государственной статистики [Электронный ресурс] - URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=41&documentId=139128>
12. BellaBot – робот-официант [Электронный ресурс] - URL: <https://nanojam.ru/products/bellabot-robot-ofitsiant>

References

1. Zavlina P.V. Evaluation of the effectiveness of innovations / P.V. Zavlina– Moscow: Phoenix, 2022, 98 p.
2. Karpov, A. Strategic management and effective business development / A. Karpov. Moscow: Mir Publ., 2021. 528 p.
3. In a Kazan cafe, instead of waiters, a robot began to serve food [Electronic resource] - URL: <https://trt-tv.ru/news/v-kazanskom-kafe-vmesto-oficiantov-edu-nachal-podnosit-robot/>
4. A cafe is being tested in Tokyo, where robots operated by paralyzed people work [Electronic resource] - URL: <https://kiosksoft.ru/news/2018/12/12/v-tokio-poyavilos-kafe-gde-rabotayut-roboty-upravlyaemye-paralizovannymi-lyudmi-16639>
5. Waiter robots operated by disabled people appeared in Japan [Electronic resource] - URL: <https://asia--news-ru.cdn.ampproject.org/v/s/asia-news.ru/japonija/>
6. In Japan, robot waiters in cafes give jobs to people with disabilities [Electronic resource] - URL: <https://weekend.rambler.ru/other/41359736-v-yaponii-roboty-ofitsianty-v-kafe-dayut-rabotu-invalidam/>
7. Purring robot waiters [Electronic resource] - URL: <https://kiozk.ru/article/ekspert/murlykausie-roboty-ofitsianty>
8. Waiter robot avatar [Electronic resource] - URL: <https://nnd.name/2018/09/ofitsiant-robot-avatar/>
9. Robot waiter [Electronic resource] - URL: <https://robot4b.ru/sevice-bot/bella-bot/>
10. Waiter robots and their application: restaurants of the future [Electronic resource] - URL: <https://top3dshop.ru/blog/robots-waiters-and-their-application.HTML>
11. Federal State Statistics Service [Electronic resource] - URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=41&documentId=139128>
12. BellaBot – robot waiter [Electronic resource] - URL: <https://nanojam.ru/products/bellabot-robot-ofitsiant>.

УДК 004.415.53

*Воронежский государственный
технический университет*

*Ассистент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суворцева*

И.А. Пальчиков

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)770-04-24

e-mail: ilya.paltchicov@yandex.ru

*Voronezh State Technical
University*

*Assistant of the Department of Innovation
and Building Physics named after
Professor I.S. Surovtsev*

I.A. Palchikov

Russia, Voronezh, ph.: +7(950)770-04-24

e-mail: ilya.paltchicov@yandex.ru

И.А. Пальчиков

МОДУЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрено понятие модульного тестирования, как метод тестирования программного обеспечения, направленный на проверку отдельных компонентов программы, называемых модулями или единицами. Упомянуты основные цели, преимущества и характеристики модульного тестирования. Процесс определения архитектуры, компонентов, интерфейсов и других характеристик системы перед началом кодирования отмечен, как проектирование ПО. Инструменты моделирования предназначены для создания моделей различных процессов, систем и объектов. Они позволяют визуализировать, анализировать и оптимизировать проектируемые решения перед их реализацией. Одной из популярных является Visual Studio Enterprise, которая предназначена для разработки высококачественного ПО, включая веб-приложения, мобильные приложения, облачные сервисы и настольные приложения. Также, существуют такие инструменты, как MATLAB/Simulink, Mathematica, Maple и JetBrains Rider. Задача состоит в проектировании модуля для расчета скидок в интернет-магазине. Скидки могут быть фиксированными (10%) или накопительными (5% + 3%). Благодаря проектированию интерфейсов (контрактов), реализации конкретных стратегий и модульному тестированию спроектированного модуля (xUnit v3), получилось добиться необходимого результата. Результаты тестов подтверждают, что спроектированная архитектура работает согласно спецификации, а написанные тесты подтвердили корректность выбранных паттернов и позволили выявить потенциальные ошибки на ранней стадии.

Ключевые слова: архитектура, инструменты, интеграция, интерфейсы, модуль, результат, паттерн, продукт, программа, программное обеспечение, проектирование, тестирование, характеристики.

I.A. Palchikov

UNIT TESTING AS A DESIGN QUALITY CRITERION

Abstract: in this article discusses the concept of unit testing as a software testing method aimed at verifying individual program components called modules or units. The main goals, advantages, and characteristics of unit testing are mentioned. The process of determining the architecture, components, interfaces, and other characteristics of a system before coding is marked as software design. Modeling tools are designed to create models of various processes, systems, and objects. They allow you to visualize, analyze and optimize the designed solutions before their implementation. One of the most popular is Visual Studio Enterprise, which is designed to develop high-quality software, including web applications, mobile applications, cloud services, and desktop applications. There are also tools such as MATLAB/Simulink, Mathematica, Maple and JetBrains Rider. The task is to design a module for calculating discounts in an online store. Discounts can be fixed (10%) or cumulative (5% + 3%). Thanks to the design of interfaces (contracts), the

implementation of specific strategies and unit testing of the designed module (xUnit v3), it was possible to achieve the desired result. The test results confirm that the designed architecture works according to the specification, and the written tests confirmed the correctness of the selected patterns and allowed potential errors to be identified at an early stage.

Keywords: architecture, tools, integration, interfaces, module, result, pattern, product, program, software, design, testing, characteristics.

Модульное тестирование, основные характеристики и преимущества

Модульное тестирование, также известное как юнит-тестирование (unit testing), представляет собой метод тестирования программного обеспечения, направленный на проверку отдельных компонентов программы, называемых модулями или единицами.

Основная цель такого подхода заключается в выявлении дефектов на ранних этапах разработки, что позволяет значительно снизить затраты на исправление ошибок и повысить качество конечного продукта.

Основные характеристики модульного тестирования:

- Изоляция модулей, где каждый тест проверяет функциональность отдельного компонента независимо от остальных частей системы.
- Автоматизация тестов, когда использование фреймворков автоматизации облегчает процесс написания и запуска тестов.
- Быстрая обратная связь, когда результаты тестов становятся известны практически мгновенно, позволяя разработчикам оперативно реагировать на обнаруженные проблемы.
- Повышение уверенности разработчиков, когда регулярное проведение модульных тестов укрепляет уверенность команды в стабильности и надежности разрабатываемого ПО.

Преимущества модульного тестирования:

- Раннее выявление багов, когда обнаружение ошибок на стадии разработки снижает стоимость их устранения.
- Упрощенное сопровождение кода, когда хорошо покрытый тестами код проще поддерживать и расширять.
- Документация поведения системы, где тесты служат живой документацией, демонстрирующей ожидаемое поведение каждого модуля.
- Ускоренная интеграция изменений, когда наличие набора автоматизированных тестов ускоряет интеграцию новых функциональных возможностей [1].

В таблице 1 рассмотрим этапы реализации модульного тестирования:

Таблица 1

Этапы реализации модульного тестирования

Этапы	Описание
Определение границ теста	Четкое определение области ответственности тестируемого модуля
Подготовка окружения	Создание необходимых условий для выполнения теста (подготовка входных данных, настройка зависимостей)
Запуск теста	Выполнение метода или функции с заданными параметрами
Проверка результата	Сравнение фактического результата с ожидаемым значением
Анализ итогов	Принятие решений относительно дальнейших действий (исправление дефекта, повторный запуск теста)

Проектирование модулей ПО

Проектирование ПО – это процесс определения архитектуры, компонентов, интерфейсов и других характеристик системы перед началом кодирования.

Основные цели проектирования модулей ПО:

- Создание масштабируемой и поддерживаемой системы.
- Минимизация связности между модулями (low coupling).
- Максимизация внутренней целостности модулей (high cohesion).
- Обеспечение возможности автоматического тестирования (testability).
- Документирование архитектурных решений (ADR – Architecture Decision Records).

Задачи проектирования модулей ПО:

- Декомпозиция системы на модули.
- Определение ответственности каждого модуля.
- Проектирование API и контрактов взаимодействия.
- Выбор паттернов (GoF, SOA, DDD, Event-Driven).
- Формирование спецификаций для дальнейшего тестирования [2].

Рассмотрим основные тренды в проектировании ПО:

Architecture as Code (AaC) – описание архитектуры в текстовом формате (YAML, DSL) с последующей генерацией диаграмм и кода (Tools: Structurizr, Mermaid, C4-PlantUML).

AI в проектировании (GitHub Copilot, ChatGPT) – предлагают варианты архитектуры на основе требований, генерируют скелеты классов и интерфейсов.

API First и Contract First – проектирование OpenAPI (Swagger), где код генерируется автоматически, а тесты пишутся на контракт.

Modular Monoliths – процесс возврата к монолитам, но строго разделенным на модули (как микросервисы, но в одном процессе), что упрощает развертывание, сохраняя модульность.

Testable Design by Default – архитектура изначально строится так, чтобы модули можно было легко замочать и протестировать, где Dependency Injection — обязательное требование.

Инструменты моделирования

Инструменты моделирования — это программное обеспечение, предназначенное для создания моделей различных процессов, систем и объектов. Они позволяют визуализировать, анализировать и оптимизировать проектируемые решения перед их реализацией. Рассмотрим основные типы инструментов моделирования и их применение.

Рассмотрим самые популярные:

- Visual Studio Enterprise – профессиональная интегрированная среда разработки (IDE), созданная корпорацией Microsoft. Она предназначена для разработки высококачественного программного обеспечения, включая веб-приложения, мобильные приложения, облачные сервисы и настольные приложения. Visual Studio Enterprise является частью семейства продуктов Visual Studio и предлагает широкий спектр мощных инструментов и возможностей для команд разработчиков любого размера.

- MATLAB/Simulink – мощная программная платформа, разработанная компанией MathWorks, широко применяемая для математического моделирования, обработки сигналов и проектирования алгоритмов управления, выполнения научных исследований, технического анализа, проектирования и моделирования динамических систем.

- Mathematica – одна из наиболее популярных и мощных вычислительных систем, используемых учёными, инженерами, исследователями и студентами по всему миру. Разработанная компанией Wolfram Research, Mathematica представляет собой комплексную среду для решения математических задач, символьных и численных вычислений, визуализации данных и программирования.

- JetBrains Rider – плагины для C4 Model, мощный рефакторинг, быстрая навигация.

- Maple – ещё один мощный пакет для аналитических расчетов и численного моделирования [3].

Модуль для расчета скидок в интернет-магазине

Постановка задачи: спроектировать модуль для расчета скидок в интернет-магазине. Скидки могут быть фиксированными (10%) или накопительными (5% + 3%) [4].

Шаг 1: Проектирование интерфейсов (контрактов).

```
public class DiscountModuleTests
csharp
// Стратегия скидки (паттерн Strategy)
public interface IDiscountStrategy
{ string Name { get; }
  decimal Apply(decimal totalPrice); }
// Модуль, использующий стратегии
public class DiscountModule
{ private readonly IEnumerable<IDiscountStrategy> _strategies;
  public DiscountModule(IEnumerable<IDiscountStrategy> strategies)
  _strategies = strategies; // DI: стратегии приходят извне }
  public decimal CalculateFinalPrice(decimal baseTotal)
  { decimal finalPrice = baseTotal;
    foreach (var strategy in _strategies)
      finalPrice = strategy.Apply(finalPrice);
    return finalPrice; }
```

Шаг 2: Реализация конкретных стратегий [5].

```
csharp
public class PercentageDiscount : IDiscountStrategy
{ private readonly decimal _percent;
  public string Name => $" {_percent}% Discount";
  public PercentageDiscount(decimal percent)
  _percent = percent; }
  public decimal Apply(decimal totalPrice)
  { if (_percent < 0 || _percent > 100)
    throw new ArgumentOutOfRangeException(nameof(_percent), "Процент от 0 до 100");
    return totalPrice - (totalPrice * _percent / 100); }
public class FixedAmountDiscount : IDiscountStrategy
{ private readonly decimal _amount;
  public string Name => $"Fixed { _amount} Discount";
  public FixedAmountDiscount(decimal amount)
  _amount = amount; }
  public decimal Apply(decimal totalPrice)
  { if (_amount > totalPrice)
    return 0; // Не уходим в минус
    return totalPrice - _amount; }
```

Шаг 3: Модульное тестирование спроектированного модуля (xUnit v3) [6].

```
csharp
using Xunit;
using Moq; // для создания моков, если бы они были нужны
public class DiscountModuleTests
{ [Fact]
  public void CalculateFinalPrice_WithTwoStrategies_ShouldApplyBoth()
  // Arrange
  var strategies = new IDiscountStrategy[] {
  { new PercentageDiscount(10), // скидка 10%
    new FixedAmountDiscount(5) // затем еще минус 5;
  };
  var module = new DiscountModule(strategies);
  decimal initialPrice = 100;
```

```
// Act
var result = module.CalculateFinalPrice(initialPrice);
// Assert: 100 -10% (90) -5 = 85
Assert.Equal(85, result); }
[Fact]
public void PercentageDiscount_WithNegativePercent_ShouldThrowException()
{ // Проверка контракта (валидации) внутри стратегии
Assert.Throws<ArgumentOutOfRangeException>(() => new PercentageDiscount(-5)); }

[Fact]
public void FixedAmountDiscount_ShouldNotReturnNegative()
{ // Arrange
var discount = new FixedAmountDiscount(150);
decimal total = 100;
// Act
var result = discount.Apply(total);
// Assert
Assert.Equal(0, result); // Не может быть -50, архитектура защищает от этого }
[Fact]
public void DiscountModule_WithNoStrategies_ShouldReturnOriginalPrice()
{ // Arrange
var module = new DiscountModule(Enumerable.Empty<IDiscountStrategy>());
// Act
var result = module.CalculateFinalPrice(123.45m);
// Assert
Assert.Equal(123.45m, result); }
```

Заключение

Паттерн Strategy позволил легко расширять модуль (Open/Closed Principle). Dependency Injection делает модуль тестируемым (можно подставить любые стратегии). Unit-тесты не только проверяют математику, но и валидируют контракты (защита от отрицательных процентов, от ухода в минус).

Результаты тестов подтверждают, что спроектированная архитектура работает согласно спецификации.

Таким образом, модульное тестирование является не просто этапом проверки, а инструментом верификации архитектурных решений. Написанные тесты подтвердили корректность выбранных паттернов и позволили выявить потенциальные ошибки на ранней стадии. Полученные результаты (покрытие кода, DI, mocking, AAA) являются основой для профессиональной разработки в будущем [7].

Библиографический список

1. Брукс Ли. Эффективное модульное тестирование / Брук Ли. - Издательство «ДМК-пресс», 2020.
2. Кериевски Д. Переход к шаблонам проектирования / Д. Кериевски. - Издательство «Вильямс», 2021.
3. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Р. Мартин. - Издательство «Питер», 2026.
4. Мартин Р. Чистый Код: создание, анализ и рефакторинг / Р. Мартин. - Издательство «Питер», 2019.
5. Ошерове Р. Искусство Юнит-тестирования / Р. Ошерове. - Издательство «Вильямс», 2018. - 428 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.
7. Фаулер М. Шаблоны корпоративных приложений / М. Фаулер. - Издательство «Вильямс», 2021.

References

1. Brooks Lee. Effective Unit Testing / Brooke Lee. - DMK-press Publishing House, 2020.
2. Kerievsky D. Transition to design patterns / D. Kerievsky. - Williams Publishing House, 2021.
3. Martin R. Pure Architecture. The Art of Software Development / R. Martin. - Peter Publishing House, 2026.
4. Martin R. Clean Code: creation, analysis and refactoring / R. Martin. - Peter Publishing House, 2019.
5. Oshero R. The Art of Unit Testing / R. Oshero. - Williams Publishing House, 2018. - 428 p.
6. Palchikov I.A., Mansur M., Nakonechny A.N. Using Python to analyze economic trends in the stock market: dynamics of Google shares / I.A. Palchikov, M. Mansur, A.N. Nakonechny // FES: Finance. Economy. Strategy. – 2024. - Vol. 21. - No. 6. - pp. 21-28.
7. Fowler M. Templates of corporate applications / M. Fowler. - Williams Publishing House, 2021.

УДК 550.34.013.4; 621.794.4

Воронежский государственный
технический университет

Кандидат технических 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

Кандидат технических наук,
доцент кафедры физики

А.В. Абрамов

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-952-553-17-20

email: abramovvgasu@yandex.ru

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

К.О. Мурадян

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-996-460-73-92

email: abramovvgasu@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of
Innovation and Building Physics named
after Professor I.S. Surovtsev

E.A. Pankratova

Russia, Voronezh, ph.: 8-951-854-24-55

e-mail: silvaavrora@mail.ru

Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Physics

A.V. Abramov

Russia, Voronezh, ph.: 8-952-553-17-20

email: abramovvgasu@yandex.ru

Postgraduate student of the Department of
Innovation and Building Physics named
after Professor I.S. Surovtsev

K.O. Murazyan

Russia, Voronezh, ph.: 8-996-460-73-92

email: abramovvgasu@yandex.ru

Е.А. Панкратова, А.В. Абрамов, К.О. Мурадян

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТИВНОГО ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ТРАВЛЕНИЯ

Аннотация: Опираясь на экспериментальные данные, полученные при исследовании реактивного ионно-плазменного травления кремния с использованием газов SF₆ и CF₄, была разработана и представлена аналитическая модель данного процесса. Подробное изучение результатов математического моделирования при изменении площади травления позволило глубже осмыслить механизмы его протекания и, в частности, установить роль различных составляющих плазмы.

Ключевые слова: газовый разряд, электрон, математическое моделирование.

Е.А. Pankratova, A.V. Abramov, K.O. Murazyan

ANALYTICAL MODELING OF REACTIVE ION-PLASMA ETCHING

Abstract: Based on the experimental data obtained during the study of reactive ion-plasma etching of silicon using SF₆ and CF₄ gases, an analytical model of this process was developed and presented. A detailed examination of the results of mathematical modeling when the etching area was changed allowed for a deeper understanding of the mechanisms of the process and, in particular, the role of various plasma components.

Keywords: gas discharge, electron, mathematical modeling.

Изучение данных, полученных в ходе исследований РИПТ кремния в среде SF₆, позволило сформулировать ключевые принципы данной модели:

1. Многостадийность и обратимость: Процесс РИПТ кремния имеет множество этапов, причем каждый из них является обратимым.

2. Синергия химически активных частиц и ионов: Травление кремния обусловлено совместным воздействием химически активных частиц (ХАЧ), представленных в SF₆ атомами фтора (F) и радикалами SF_y (где y варьируется от 1 до 5), а также ионов.
3. Кинетика первого порядка: Скорость процесса травления линейно зависит от концентрации атомов фтора.
4. Адсорбционные процессы: ХАЧ и образующиеся в результате травления летучие соединения адсорбируются на активных поверхностных центрах (АПЦ) кремния и на внутренней поверхности разрядной камеры.
5. Ограниченность и однородность АПЦ: Все АПЦ как на поверхности кремния, так и на стенках разрядной камеры обладают схожими свойствами, а их общее количество ограничено.
6. Моноадсорбция: На каждом АПЦ может находиться только одна частица - либо продукт травления, либо радикал SF_y.
7. Роль адсорбированных галогенов: Атомы галогенов, адсорбированные на АПЦ кремния, не мешают дальнейшей адсорбции других частиц.
8. Активация травления: Адсорбированные на АПЦ продукты травления действуют как активные центры для ХАЧ, инициируя их дальнейшее травление.
9. Сходство механизмов: Деструкция адсорбированных на кремнии продуктов травления происходит по механизму, аналогичному травлению самого кремния. В данной модели представлены четыре потока продуктов травления.

Первый поток, I_1 , является следствием реакции ХАЧ со свободными активными центрами кремния (Si), и исключительно оно диктует темп основного процесса. Потоки I_2 и I_3 включают частицы, образующиеся при удалении ранее адсорбированных на Si и на стенках реактора частиц соответственно, которые поступают из потока продуктов травления I_p , проникающего из плазменного объема. При травлении в плазме со сложным химическим составом, скорость целевого процесса должна быть выражена как сумма составляющих, равная количеству различных типов ХАЧ, присутствующих в данной плазме.

Для газов SF₆, CF₄:

$$V_a = V_{aF} + V_{aR}, \text{ а } V_{aR} = \sum_{i=1}^{d-1} V_{ai}, \quad (1)$$

где d - число атомов галогена в исходной молекуле газа;

i - номер сорта радикала, определяемый количеством оторванных от молекулы атомов галогена к моменту ее адсорбции на поверхности.

Первая составляющая V_a в (1) обусловлена действием F и записывается в виде:

$$V_{aF} = \frac{1}{4} b_1^{-1} k_{ma} \omega_m (1 - \Theta_m) n u_F \quad (2)$$

где b_1 - среднее число атомов F, расходуемых для травливания одного атома Si, впервые покидающего поверхность;

k_{ma} - вероятность химического взаимодействия F со свободным АПЦ;

ω_m - вероятность попадания F на АПЦ Si;

Θ_m - сумма степеней заполнения АПЦ Si адсорбированными продуктами травления (Θ_{mp}) и ХАЧ2 (Θ_{mR});

u_F - тепловая скорость движения F.

По аналогии с (2) составляющая скорости травления, обусловленная действием частиц SF_y i -го сорта, выражается в виде:

$$V_{ai} = \frac{1}{4} b_1^{-1} \omega_m (1 - \Theta_m) (1 - \Theta_{mR}) n u_{Ri} k_{mi} (d - i) k_{mi} \quad (3)$$

k - доля атомов галогена, отданных радикалами i -го сорта за время нахождения на поверхности в ходе процесса травления.

Параметры n_{Ri} , u_{Ri} , k_{mi} для SF_y несут ту же смысловую нагрузку, что и n_F , u_F и k_{ma} для F . Для осуществления диссоциативной хемосорбции SF_y необходимо вступление в контакт как минимум с двумя соседними АПЦ [1]. Учет того, что SF_y не способны адсорбироваться на АПЦ, уже занятых ими, осуществляется посредством значения $(1-\Theta_{mR})$. Предполагается, что площадь, ассоциированная как с одним АПЦ, так и с одной адсорбированной частицей на поверхности вещества, равна $1/\sigma_m$, где σ_m обозначает среднюю поверхностную плотность атомов вещества. В таком случае, ω_m можно представить как отношение σ_{cm}/σ_m , где σ_{cm} — это поверхностная плотность АПЦ.

В этом случае, приравнявая скорости адсорбции и десорбции продуктов травления и SF_y на обрабатываемой поверхности и решая полученную систему уравнений относительно Θ_{mp} и Θ_{mR} [2], имеем

$$\Theta_{mp} = \frac{j_p t_{mp} k_{mp}}{\sigma_m + j_p t_{mp} k_{mp} + \sum_{i=1}^{d-1} j_{Ri} t_{mi} k_{mi}}, \quad \Theta_{mR} = \frac{\sum_{i=1}^{d-1} j_{Ri} t_{mi} k_{mi}}{\sigma_m + j_p t_{mp} k_{mp} + \sum_{i=1}^{d-1} j_{Ri} t_{mi} k_{mi}}, \quad (4 \text{ а, б})$$

где t_{mp} и t_{mi} - средние времена нахождения адсорбированных частиц продуктов травления и SF_y i -го сорта на АПЦ;

k_{mp} - коэффициент прилипания частиц продуктов травления к поверхности материала при попадании на свободные от этих частиц АПЦ.

Выражения (4а, б) есть уравнения изотерм Ленгмюра. С учетом сделанных замечаний и формул (2) - (4а, б) уравнение (1) преобразуется в квадратное относительно V_a , решая которое получаем:

$$V_a = 2V_{a0} \left(\sqrt{1 + \frac{S_m}{S_a}} + 1 \right)^{-1}, \quad (5)$$

где $V_{a0} = \frac{\sigma_{cm}}{4\sigma_m b_1} \left[k_{ma} n_F u_F + \sum_{i=1}^{d-1} k_{mi} n_{Ri} u_{Ri} (d-i)k \right]$,

$$S_a = \frac{G\sigma_m P_0 T}{PT_0 k_{mp} V_{a0} t_{mt}}.$$

В данном случае рассматривается поток газа G , проходящий через реакционную камеру (РК) под давлением P_0 , равным 10^5 Па. Скорость целевого процесса, обозначаемая как V_{a0} , определяется как скорость в условиях, когда адсорбция продуктов травления на обрабатываемой поверхности отсутствует. t_{mp} представляет собой среднее время, необходимое для удаления слоя адсорбированных продуктов травления. Эти продукты характеризуются поверхностной плотностью, которая выражается как $\sigma_{pm} = \sigma_{cm} \Theta_{mp}$. Формирование данного слоя происходит исключительно за счет адсорбции ненасыщенных частиц, входящих в состав потока I_p . Основываясь на принципах модели травления и учитывая, что для удаления с поверхности одной адсорбированной частицы продуктов реакции требуется в среднем $(b_2 - b_p)$ атомов галогена, зависимость S_a может быть представлена следующим образом:

$$S_a = \frac{G\sigma_m (P_0 T b_1)}{PT_0 k_{mp} u_p (b_2 - b_p) \sigma_{cm}} \quad (6)$$

Согласно (5), при $S_m \ll S_a$ влиянием адсорбции продуктов травления на обрабатываемой поверхности на величину V_a можно пренебречь и $V_a = V_{a0}$. При $S_m \gg S_a$ (5)

преобразуется к виду: $V_a = 2 V_{a0}(S_a/S_m)^{1/2}$. Это значит, что при $S_m \gg S_a$, скорость травления с ростом S_m должна уменьшаться опережающими темпами по сравнению с n_F . Рассчитанная с помощью формулы (6) величина S_a при $G = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} \cdot \text{с}^{-1}$, $P = 2,66 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$, $T = 400 \text{ К}$, $T_0 = 300 \text{ К}$, $\sigma_m = \sigma_{cm} = 1,35 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-2}$, $k_{mp} = 0,05$, $b_p = 1,5$, $b_1 = 3,0$, $b_2 = 3,3$ составила 155 мм^2 . Эти условия соответствуют режиму проведения травления, результаты которого представлены на рис. 1а.

Анализ (5) с учетом (6) показывает, что вблизи значения S_m , равного S_a , на графике зависимости j_a/V_a должен быть перегиб, что и наблюдается на рис. 1а.

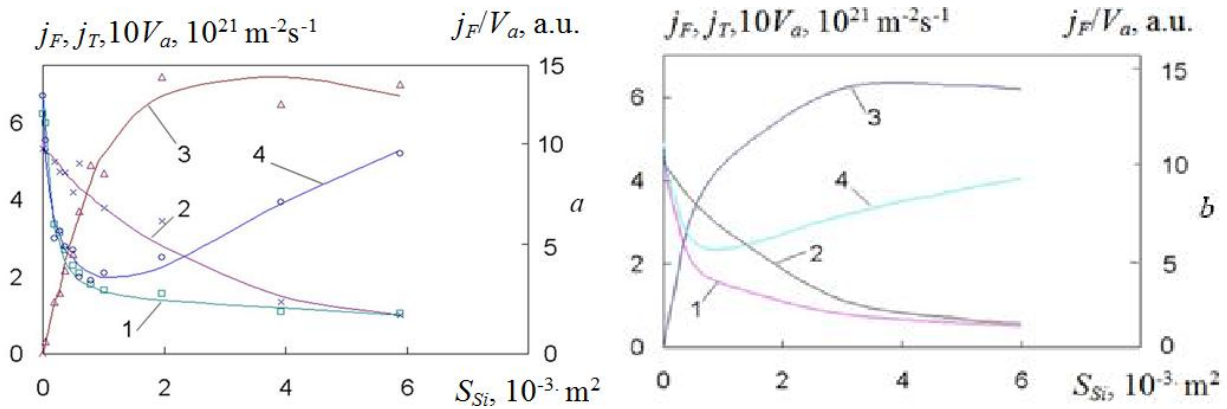


Рис.1. Влияние площади кремния на скорость травления и плотности потоков частиц. Здесь: j_F -1, V_a -2, j_p -3, j_F/V_a -4. Условия эксперимента: газ - SF_6 , $U_{rf} = 1 \text{ кВ}$, остальные условия в тексте (а). Параметры расчета в тексте (б).

Для проверки корректности разработанной модели травления и выведенных аналитических выражений было выполнено численное моделирование зависимости скорости травления (V_a) от площади поверхности (S_m). Изначально, на первом этапе, значение S_m устанавливалось равным нулю. Затем, согласно методике, изложенной в [2], решалась система дифференциальных уравнений для стационарного режима с заданными параметрами. Полученные в результате концентрации активных частиц (n_a и n_{Ri}) использовались в уравнении (5) для расчета скорости травления при условии приближения S_m к нулю.

Сформированное значение скорости травления служило исходными данными для следующего шага: система дифференциальных уравнений решалась вновь, но уже при увеличенном значении S_m ($S_m + \Delta S_m$).

Данный итерационный процесс повторялся заданное количество раз ($S_m/\Delta S_m$). При расчетах были приняты значения коэффициентов $k_{ma} = 0,5$ и $k_{mi} = 0,3$, согласно данным из [2]. Результаты моделирования отображены на рис. 1б и демонстрируют качественное соответствие с экспериментальными данными, представленными на рис. 1а.

На рис. 2а приведены результаты расчетов, иллюстрирующие изменение состава плазмы и степени покрытия поверхности кремния адсорбированными продуктами травления при увеличении площади поверхности кремния (S_{Si}). Скорость травления, вызванная атомарным фтором (V_{aF}) и радикалами SF_y (V_{aSF_y} , кривые 1 и 2 на рис. 2б), изменяется аналогично концентрациям соответствующих частиц (n_F и n_{SF_y}). Отмечено, что отношение V_{aR}/V_{aF} достигает пикового значения при определенной площади кремния, после чего наблюдается постепенное снижение.

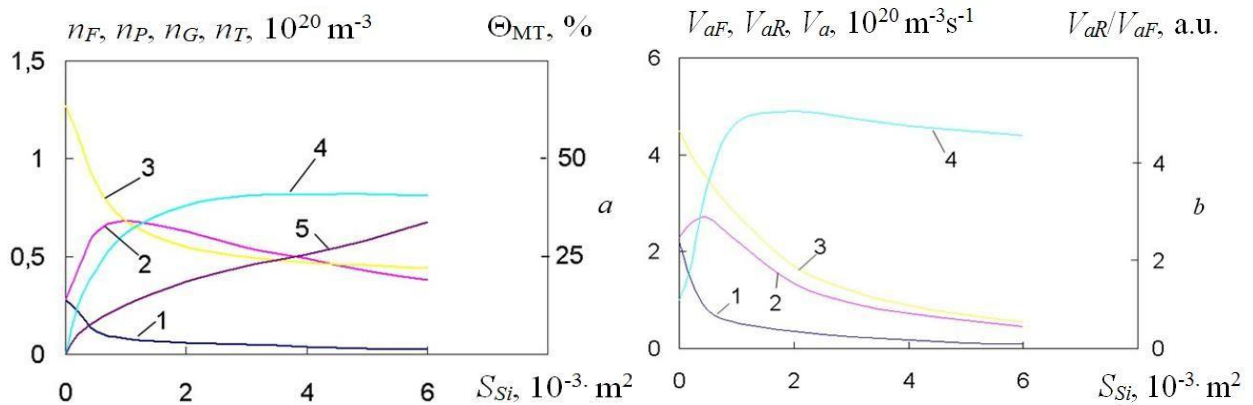


Рис. 2. Влияние площади кремния на состав плазмы, степень заполнения его поверхности адсорбированными продуктами (а), скорость травления, ее составляющие и их отношение (б). Здесь: n_F - 1, n_R - 2, n_G - 3, n_P - 4, Θ_{mp} - 5 (а), V_{aF} - 1, V_{aR} - 2, V_a - 3, V_{aR}/V_{aF} - 4 (б).
 Параметры расчета те же, что для рис.1б.

Такое поведение зависимостей V_{aF} и V_{aSF_y} от S_{Si} обусловлено динамикой изменения концентраций атомарного фтора и соединений SiF_x в плазме с ростом S_{Si} . Расчеты подтверждают, что при обработке больших площадей кремния травление в среде SF_6 преимущественно осуществляется частицами SF_y . Разработанная модель травления в химически активной плазме, а также полученные на ее основе аналитические зависимости, позволяют осуществлять численный анализ не только скорости, но и таких параметров, как анизотропия и селективность РИПТ, в зависимости от различных технологических условий.

Библиографический список

1. Have Tranel B. Chemisorption: Transl. with English. Ed. by A. V. Kiselev / M.: Foreign literature. - 1958.-327 p.
2. Абрамов А.В., Абрамова Е.А., Суровцев И.С. Математическое моделирование ИТС / А.В. Абрамов, Е.А. Абрамова, И.С. Суровцев // Воронеж. ВСТА. - 2002. - №4. - С. 268-272.

References

1. Have Tranel B. Chemisorption: Transl. with English. Ed. by A. V. Kiselev / M.: Foreign literature. - 1958.-327 p.
2. Abramov A.V., Abramova E.A., Surovtsev I.S. Mathematical modeling of ITS / A.V. Abramov, E.A. Abramova, I.S. Surovtsev // Voronezh. VSTA. - 2002. - No. 4. - pp. 268-272.

УДК 654.9

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени
профессора И.С. Суворцева
М.И. Подольский*

Россия, г. Воронеж, тел.: +7-902-725-39-40

e-mail: makcpodolcki@gmail.com

Voronezh State

Technical University

*Student of the Department of Innovation and
Building Physics named after*

Professor I.S. Surovtsev

M.I. Podolcky

Russia, Voronezh, ph.: +7-902-725-39-40

e-mail: makcpodolcki@gmail.com

М.И. Подольский

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: ОТ КОНЦЕПЦИИ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ

Аннотация: В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты применения технологий цифровых двойников (digital twins) в строительстве и управлении городской инфраструктурой. Обосновывается переход от статического информационного моделирования (BIM) к динамическим «живым» копиям, интегрирующим данные с сенсоров в режиме реального времени. Анализируются актуальные отечественные и зарубежные кейсы, включая разработки Университета Иннополис и внедрения в Москве и Турине. Особое внимание уделяется экономической эффективности: показано, что внедрение цифровых двойников позволяет ускорить поиск городских данных на 90% и на 80% повысить их качество, а также снизить затраты на содержание инфраструктуры на 20-25%. В заключении формулируются выводы о перспективах развития «предиктивных» двойников на основе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: цифровой двойник, строительство, городская среда, BIM, мониторинг, жизненный цикл, умный город, IoT.

M.I. Podolcky

DIGITAL TWINS IN URBAN CONSTRUCTION: FROM CONCEPT TO LIFE CYCLE MANAGEMENT

Abstract: The article discusses the theoretical and practical aspects of applying digital twin technologies in the construction and management of urban infrastructure. It substantiates the transition from static information modeling (BIM) to dynamic "living" copies that integrate real-time sensor data. Current domestic and international cases are analyzed, including the developments of Innopolis University and implementations in Moscow and Turin. Special attention is paid to economic efficiency: it is shown that the implementation of digital twins can accelerate the search for urban data by 90% and improve its quality by 80%, as well as reduce infrastructure maintenance costs by 20-25%. The conclusion formulates prospects for the development of "predictive" twins based on artificial intelligence.

Keywords: digital twin, construction, urban environment, BIM, monitoring, life cycle, smart city, IoT.

Современные города сталкиваются с беспрецедентными вызовами: стремительная урбанизация, прогрессирующий износ инфраструктуры и острая необходимость в устойчивом развитии. По оценкам аналитиков, объем глобального рынка «умных городов» к 2030 году достигнет 1,4 триллиона долларов [4]. В России, согласно планам Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства, к 2027 году должны появиться

цифровые двойники всех городов-миллионников. Однако традиционные методы управления застройкой и коммунальными сетями не справляются с нарастающей сложностью. Как отмечают Шашкин К.Г., Шашкин В.А. и Николаев С.В., разрозненные данные, устаревшие чертежи и неоперативное реагирование на аварии ведут к колоссальным экономическим потерям [2]. Таким образом, актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки и внедрения новых подходов к управлению городским хозяйством. Целью работы является обоснование концепции и анализ практического применения технологии цифровых двойников на всех этапах жизненного цикла городских объектов - от проектирования до эксплуатации.

В рамках настоящего исследования под цифровым двойником понимается не просто статическая 3D-модель, а «живая» виртуальная копия физического объекта - будь то отдельное здание, мост или целый городской квартал. Как указывает Ковалёв С.П., ключевое отличие цифрового двойника от классической BIM-модели (информационного моделирования зданий) заключается в его динамичности. Если BIM показывает «как должно быть по плану», то цифровой двойник отражает «как есть на самом деле», синхронизируясь с реальным объектом в режиме реального времени через данные с датчиков, беспилотников и городских систем [1]. Сегодня цифровой двойник города - это сложная аналитическая платформа, объединяющая данные о застройке, инженерных сетях, транспортных потоках и экологической обстановке. Этот тезис подтверждается в работе Сивцовой М.В., где анализируется эффективность применения 3D-моделей городов для землеустройства [3].

Примером передовой отечественной разработки является платформа, созданная экспертами Центра геопространственных решений Университета Иннополис. Этот продукт представляет собой виртуальную экосистему для управления реальной городской средой, объединяющую 3D-визуализацию, работу с базами данных, документацией, аналитикой и обращениями жителей. Как отмечает руководитель проектов Ксения Краснова, такой инструмент помогает администрациям городов поддерживать текущую инфраструктуру, оперативно отслеживать и реагировать на городские инциденты, а также планировать стратегические решения по развитию общественных зон, жилой застройки и транспортных узлов. Важной особенностью платформы является её гибкость: она может быть быстро настроена для любого города, а в её экосистему интегрируются данные из различных городских систем - кадастра, ЖКХ, датчиков инженерных сетей и экологического мониторинга. При этом, как подчеркивают разработчики, внедрение платформы не требует единовременных крупных вложений и может быть организовано поэтапно. Статистика эффективности выглядит впечатляюще: по заявлениям создателей, применение платформы на 90% ускоряет поиск городских данных и на 80% повышает качество информации о недвижимости, социально-экономических показателях и состоянии городской инфраструктуры, а также в 1,5 раза снижает ручную нагрузку на специалистов.

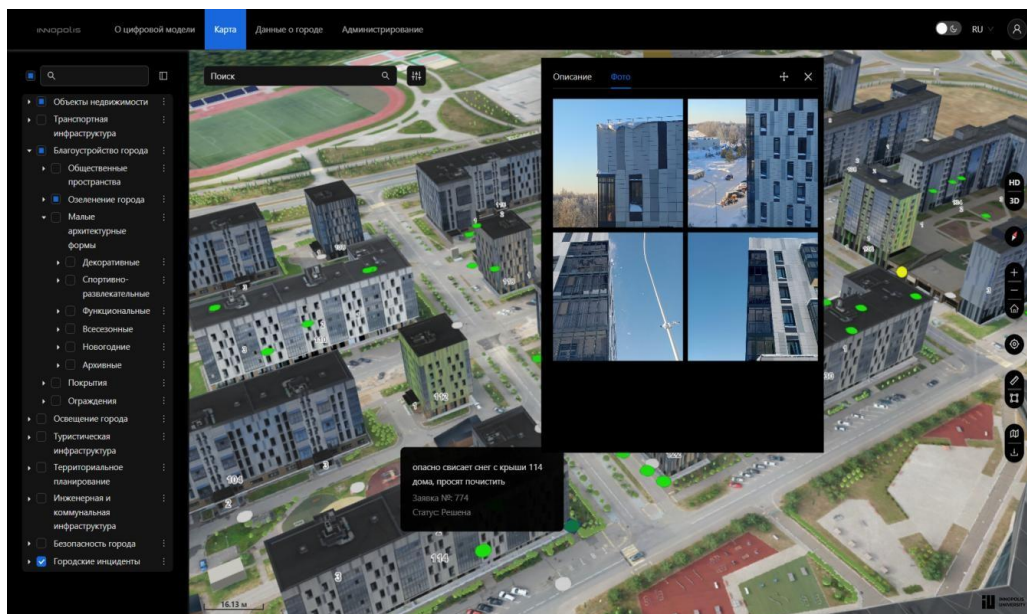


Рис.1. Интерфейс платформы на примере цифрового двойника Иннополиса

Зарубежный опыт также подтверждает высокий потенциал технологии. Как сообщается в обзорной статье Ороку D.-G.J. с соавторами, ярким примером является цифровой двойник города Турин, созданный на основе 32 000 фотографий и LiDAR-сканов с точностью до сантиметра [4]. Эта чрезвычайно реалистичная трехмерная модель позволяет городской администрации быстро оценивать потребности города и эффективно планировать как срочные вмешательства, так и долгосрочные проекты [4]. Ещё более масштабные задачи решают платформы на основе искусственного интеллекта. Например, в Бирмингеме разработана платформа, которая создает виртуальную копию городской зоны чистого воздуха, позволяя планировщикам симулировать, прогнозировать и оптимизировать транспортные и экологические системы способами, ранее недоступными [4]. А на Тайване внедрение систем компьютерного зрения на уровне улиц позволило сократить время реагирования на инциденты на 80% [4]. Эти примеры наглядно демонстрируют, как цифровые двойники, обогащенные алгоритмами ИИ, превращаются из пассивных моделей в активные инструменты управления.

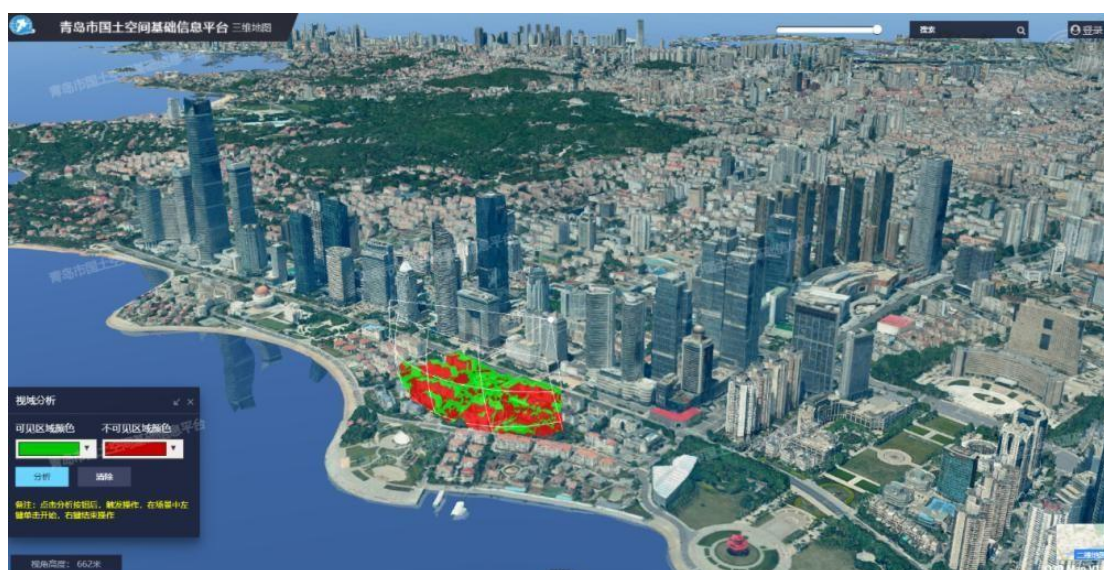


Рис.2. На фотографии представлена базовая информационная платформа для территориального пространства в Циндао, восточнокитайской провинции Шаньдун

Экономическая эффективность внедрения цифровых двойников является одним из ключевых аргументов в пользу их активного использования. Мировая практика свидетельствует, что их применение позволяет снизить затраты на содержание инфраструктуры на 20-25%, а также сократить энергопотребление города на 15% [4]. Эффект достигается за счёт перехода от реактивного управления (реагирования на уже случившиеся аварии) к проактивному и предиктивному (прогнозированию и предотвращению отказов) [2].

Например, использование цифровых двойников во французских железнодорожных сетях позволило добиться 20-процентной экономии энергии, 100-процентного своевременного профилактического обслуживания и 50-процентного сокращения времени простоев и реагирования на инциденты [4]. Таким образом, инвестиции в цифровые двойники становятся не просто технологическим апгрейдом, а экономически обоснованной стратегией.

Подводя итог проведённому исследованию, можно сформулировать следующие выводы. Во-первых, цифровые двойники являются ключевым элементом трансформации городской среды, позволяя перейти от статичного информационного моделирования к динамическому управлению на основе данных в реальном времени [1]. Во-вторых, как в России (на примере разработок Университета Иннополис), так и за рубежом (Турин, Бирмингем, Тайвань) уже есть успешные примеры внедрения, подтверждающие значительный экономический и управленческий эффект: ускорение поиска данных до 90%, повышение их качества на 80%, снижение затрат на инфраструктуру на 20-25% и сокращение времени реагирования на инциденты [4]. В-третьих, наиболее перспективным направлением развития является создание «предиктивных» цифровых двойников, интегрированных с системами искусственного интеллекта, которые способны не только прогнозировать, но и автоматически принимать оптимальные решения в режиме реального времени [4]. Дальнейшие исследования должны быть направлены на решение проблем стандартизации, кибербезопасности и интеграции разнородных городских данных [2].

Библиографический список

1. Ковалёв С.П. Проектирование информационного обеспечения цифровых двойников энергетических систем / С.П. Ковалёв // Системы и средства информатики. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 66-81.
2. Шашкин К.Г. «Цифровой двойник» объекта как основа системы интерактивного мониторинга при эксплуатации зданий и сооружений / К.Г. Шашкин, В.А. Шашкин, С.В. Николаев // Жилищное строительство. – 2025. – № 1-2. – С. 96-105.
3. Сивцова М.В. Эффективность применения 3D-моделей городов для землеустройства / М.В. Сивцова // Молодой ученый. – 2025. – № 16 (567). – С. 70-73.
4. Опоку Д.-Дж.Дж. Применение цифровых двойников в инфраструктуре и строительной среде: обзор по типам исследований, методам, секторам, этапам и масштабам / Д.-Дж.Дж. Опоку, С. Перера, К. О'Шаснайн, А. Рашиди // Автоматизация в строительстве. – 2026. – Т. 165. – Ст. 105512. – [Электронный ресурс] - URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2026.105512>

References

1. Kovalev S.P. Designing information support for digital twins of energy systems / S.P. Kovalev // Systems and means of computer science. 2020. Vol. 30, No. 1. pp. 66-81.
2. Shashkin K.G. The "digital twin" of an object as the basis of an interactive monitoring system for the operation of buildings and structures / K.G. Shashkin, V.A. Shashkin, S.V. Nikolavtsev // Housing construction. – 2025. – No. 1-2. – S. 96-105.
3. Sivtsova M.V. The effectiveness of using 3D models of cities for land management / M.V. Sivtsova // Young Scientist. – 2025. – № 16 (567). – Pp. 70-73.

4. Opoku D.-J.J. The use of digital twins in infrastructure and the construction environment: an overview of research types, methods, sectors, stages and scales / D.-J.J. Opoku, S. Perera, K. O'shasnain, A. Rashidi // Automation in construction. – 2026. – Vol. 165. – Art. 105512. – [Electronic resource] - URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2026.105512>

УДК 630.381.2

Воронежский государственный
технический университет
к.т.н., доцент кафедры Технологии
строительных материалов, изделий и
конструкций

М.П. Степанова

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-920-213-32-94

e-mail: max035@ya.ru

магистрант группы МЭКSM-221

Ю.В. Давыденко

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-920-225-26-02

e-mail: yurok_positive@mail.ru

Ст. преподаватель кафедры Физического
воспитания и спорта

Н.В. Щетинин

Россия, г. Воронеж, тел.: 8-929-008-87-72

e-mail: nikolai1966shetinin@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Technology
of Building Materials, Products and Structures

M.P. Stepanova

Russia, Voronezh, ph.: 8-920-213-32-94

e-mail: max035@ya.ru

Master's student of the MEKSM-221 group

Yu.V. Davydenko

Russia, Voronezh, ph.: 8-920-225-26-02

e-mail: yurok_positive@mail.ru

Senior lecturer of the Department of Physical
Education and Sports

N.V. Shchetinin

Russia, Voronezh, ph.: 8-929-008-87-72

e-mail: nikolai1966shetinin@yandex.ru

М.П. Степанова, Ю.В. Давыденко, Н.В. Щетинин

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ЦЕНОВАЯ ПОЛИТИКА РЫНКА МЕЛКОШТУЧНЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ПРИМЕРЕ БЛОКОВ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕЙСТОГО БЕТОНА

Аннотация: В данной работе проводилась оценка конкурентоспособности блоков из автоклавного ячеистого бетона производителей Центрального Федерального Округа. В качестве объекта исследования рассматривался блоки из ячеистого бетона плотностью D500, применяемые для конструкционно-теплоизоляционных целей и предприятия по их выпуску.

Ключевые слова: рынок мелкоштучных стеновых изделий, блоки автоклавного ячеистого бетона автоклавного твердения, структура рынка.

M.P. Stepanova, Y.V. Davydenko, N.V. Shchetinin

THE CURRENT STATE OF PRODUCTION AND PRICING POLICIES IN THE MARKET FOR SMALL-SIZED WALL PRODUCTS, AS EXEMPLIFIED BY BLOCKS MADE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

Abstract: In this work, the competitiveness of blocks made of autoclaved aerated concrete by manufacturers of the Central Federal District was assessed. The object of research was blocks made of aerated concrete with a density of D500, which are used for structural and thermal insulation purposes, and the enterprises that produce them.

Keywords: market for small-sized wall products, autoclaved aerated concrete blocks, and market structure.

Автоклавный ячеистый бетон - это высокотехнологичный строительный материал, который гармонично объединяет качества камня и дерева. Он успешно применяется во всех климатических поясах России как в малоэтажном, так и в многоэтажном строительстве.

Согласно ГОСТ 31360-2007, газосиликатные блоки - современное изделие, сочетающее преимущества ведущих строительных материалов. Газосиликатные блоки идеально подходят для возведения несущих стен и организации теплоизоляции. Материал полностью безопасен,

негорюч и обладает отличной паропроницаемостью [1]. Блоки из автоклавного ячеистого бетона классифицируют по назначению:

1. конструкционные;
2. конструкционно-теплоизоляционные;
3. теплоизоляционные.

В работе особое внимание уделяется конкурентоспособности блоков из автоклавного газобетона, применяемых как конструкционно-теплоизоляционный материал.

Так как исследуемый материал может быть использован при производстве конструкций для жилищного строительства, то вначале рассмотрим динамику этого рынка как в РФ, так и в регионе (ЦФО).

Жилищное строительство в начале 2026 года продемонстрировало в целом по России отрицательную динамику по значению объемов введенных в эксплуатацию жилых зданий по сравнению с 2025 годом (рис. 1) [2]. Снижение объемов ввода жилья отмечено в большинстве федеральных округов, что связано с ужесточением финансовых условий ипотечного кредитования, корректировкой программ государственной поддержки гражданского строительства, а также с пересмотром темпов освоения ранее выделенных земельных участков.

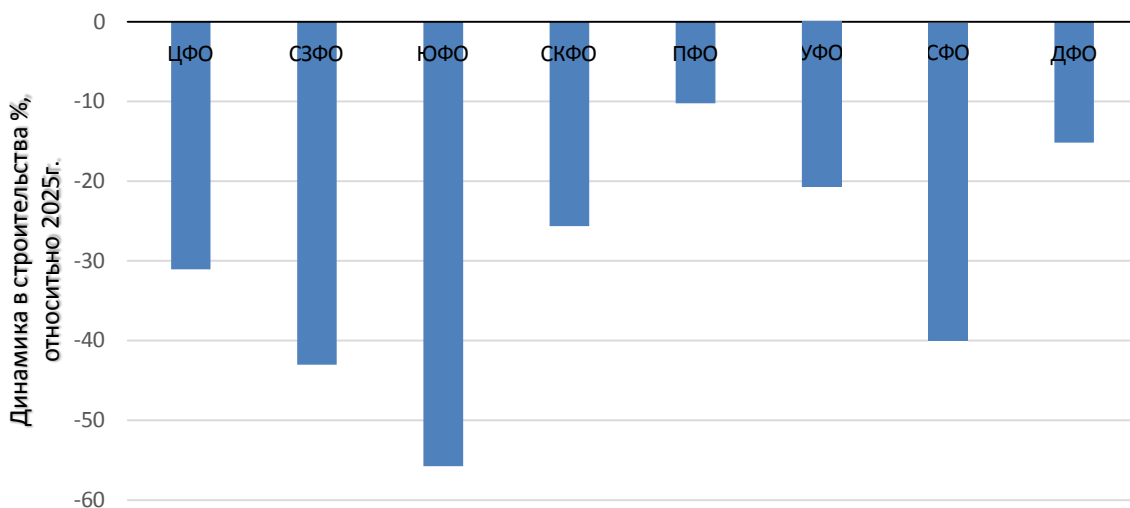


Рис. 1. Динамика объемов жилого строительства по округам в 2026 г. по отношению к 2025 году

По отношению к 2025 году демонстрирует выраженное замедление темпов ввода жилой площади в Центральном, Северо-Западном и Уральском федеральных округах, тогда как в южных и дальневосточных регионах снижение носит более умеренный характер, а в отдельных субъектах фиксируется близкая к нулевой динамика. Такая ситуация отражает структурную перестройку инвестиционных потоков в жилищное строительство, а также различную степень загрузки уже существующих жилищных фондов и строительных мощностей в разных частях страны. Этот тренд связан с усилением спроса на малоэтажное жилье, развитием инфраструктуры ближайших пригородных зон, а также с упрощением процедур оформления участков и разрешительной документации на индивидуальное жилищное строительство (ИЖС). В ЦФО рост количества построенных жилых домов в сельской местности оказался более выраженным по сравнению со средними темпами по стране, что обусловлено высокой концентрацией населения вокруг крупных городских агломераций, развитой транспортной сетью и доступностью централизованных коммунальных услуг.

Согласно данным Росстата за 2000-2025 годы как по России в целом, так и по Центральному федеральному округу (ЦФО), наблюдался устойчивый рост количества жилых домов, построенных в сельской местности, в том числе в форме коттеджного и индивидуального жилищного строительства (рис. 2) [3, 4].

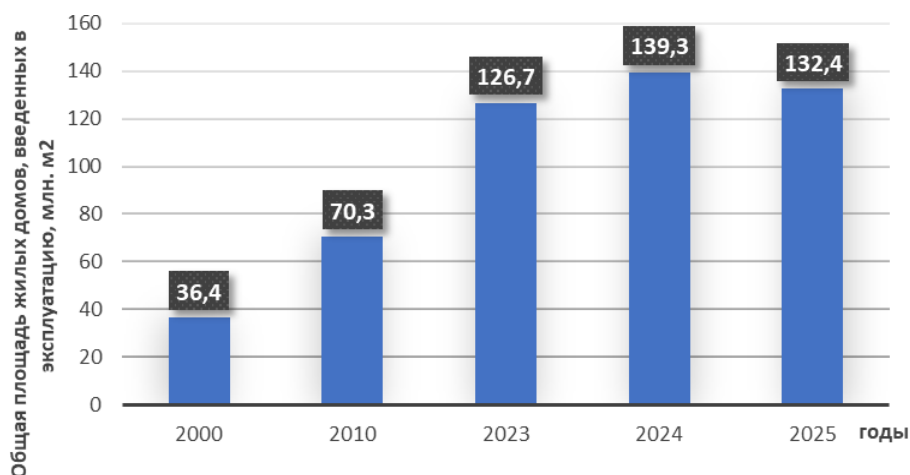


Рис. 2. Динамика ввода в эксплуатацию индивидуальных жилых домов с 2000-2025 год для ЦФО

Анализ динамики показывает, что, несмотря на общее снижение ввода жилья в 2026 году, сегмент индивидуального жилищного строительства и деревень с коттеджной застройкой продолжает удерживать тенденцию роста или стабилизации, что создаёт предпосылки для сохранения спроса на мелкоштучные стеновые материалы, в первую очередь на газосиликатные блоки, применяемые в малоэтажном и коттеджном строительстве.

Рассмотрим распределение выпуска АГБ по областям в лидирующем Центральном округе (рис. 3).



Рис. 3. Распределение выпуска автоклавного газобетона по регионам ЦФО в % [5].

Как видно из приведенных данных, в 2025 г. лидирующими областями по выпуску автоклавного газобетона (газосиликата в частности) являлись Москва и МО с 33,42%. Липецкая, Воронежская и Белгородская области также занимали лидирующие позиции по объёму производства автоклавного газобетона (9,6%, 8,67% и 11,44%, соответственно). Это обусловлено высокой концентрацией на их территориях крупнейших заводов- производителей ячеистого бетона: в Липецкой области расположены ООО «ЛСЗ» и ООО «Новолипецкий Газобетон», в Воронежской области действуют ЗАО «ВКСМ» и АО «Лиски- Газосиликат», в Белгородской области - ЗАО «Аэробел». Развитая

производственная инфраструктура и наличие мощных предприятий определяют высокую долю данных регионов в общероссийском выпуске газосиликатных блоков.

Проведенный анализ информации с сайтов основных производителей блоков из ячеистого бетона Воронежской, Липецкой и Белгородской областей позволил выделить группу лидирующих предприятий по доли на рынке (>20%): ООО «ЛСЗ», ЗАО «ВКСМ» и ЗАО «Аэробел» (табл.1) и проанализировать их ценовую политику.

Таблица 1

Предприятия-конкуренты ЦФО, действующие на рынке ячеистого бетона

Наименование предприятия	Вид выпускаемой продукции	Годовой объем производства, нат.ед.	Цена продукции, р./нат.ед.	Доля предприятия на рынке
ООО «ЛСЗ»	Блок из ячеистого бетона D500	400 тыс. м ³	4 710	25,2
ЗАО «ВКСМ»	Блок газосиликатный стеновой D500	390 тыс. м ³	6 100	24,6
ЗАО «Аэробел»	Блок прямой D500	325 тыс. м ³	5 700	20,5
АО «Лиски-Газосиликат»	Блок газосиликатный стеновой D500	250 тыс. м ³	5 600	15,8
ООО «Новолипецкий газобетон»	Блок стеновой D500	220 тыс. м ³	6 000	13,9
Всего		1 585	-	100%

Цены на продукцию предприятий-конкурентов сопоставимы, т.е. соответствуют одному временному интервалу и не содержат налог на добавленную стоимость (НДС).

Определим отклонение цен на данных предприятиях и выявим степень монополизации регионального рынка, используя оценку с помощью расчета индекса Херфиндаля-Хиршмана (J_{xx}) по формуле [6]:

$$J_{xx} = 10000 \times \sum_{i=1}^n x_i^2, \quad (1)$$

где x_i – доля i -ого предприятия на рынке (в %), $i = 1, 2, 3 \dots n$;

n – общее число организаций.

$$J_{xx} = 10000 \times (0,252^2 + 0,246^2 + 0,205^2 + 0,158^2 + 0,139^2) = 2 103,3$$

Получено, что рынок ячеистого бетона (на примере газосиликатных блоков) высококонцентрированный.

Рассчитаем среднее арифметическое значение цены:

$$C_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}, \quad (2)$$

где C_i – цена i -того предприятия на определенный вид продукции, р.;

n – количество предприятий-конкурентов.

$$C_{cp.} = \frac{4710 + 6 100 + 5700 + 5600 + 6 000}{5} = 5622 \text{ р.}$$

Отклонения в % цен продукции каждого предприятия, вошедших в рассматриваемую совокупность, от средней цены ($C_{cp.}$):

$$\Delta C_i = \frac{C_i - C_{cp.}}{C_{cp.}} \times 100\% \quad (3)$$

Результаты расчета отклонений цен продукции представлены на рис. 4.

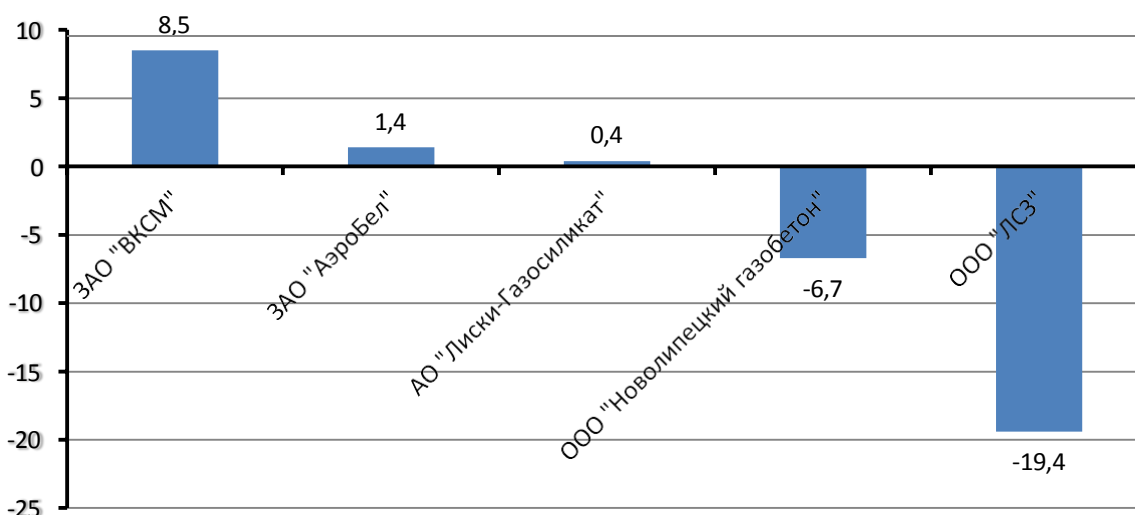


Рис.4. График ценовой ситуации на рынке ячеистого бетона на примере газосиликатных блоков в 2025 году

Таким образом, изделия предприятий ЗАО «АэроБел» и ЗАО «ВКСМ» имеют цены выше средней, среднее завышение составляет 5%. Изделия предприятий ООО «Новолипецкий газобетон» и ООО «ЛСЗ» имеют цены ниже средней, среднее занижение составляет 13%. Изделия предприятия АО «Лиски-Газосиликат» имеют цену наиболее близкую к средней, отклонение составляет <1%.

Рынок ячеистого бетона имеет высокую монополизацию, среднее завышение и занижение цен составляет 9%. Отклонения цен двух из трех предприятий-лидеров ЗАО «ВКСМ» и ЗАО «АэроБел» от средней цены являются наиболее высокими, цены третьего предприятия-лидера АО «Лиски-Газосиликат» практически совпадают со средней ценой.

Прогнозирование объема производства ячеистого бетона осуществлялся методом трендовой экстраполяции.

Прогнозный горизонт составляет 3 года. Прогнозирование проводится на основании информации о производстве ячеистого газобетона (в том числе газосиликатных блоков) в 2015-2025 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Динамика производства блоков из ячеистого бетона в РФ на период 2015-2025 гг. (млн. м³)

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
5,5	5	4,9	4,9	5	5,2	5,3	6,4	6,7	6,6	7,6

Проведенный анализ позволяет установить, что объем производства блоков из ячеистого бетона (в том числе газосиликатных) в ЦФО к началу 2027 г. составит практически 7,9 млн. м³ (рис. 5).

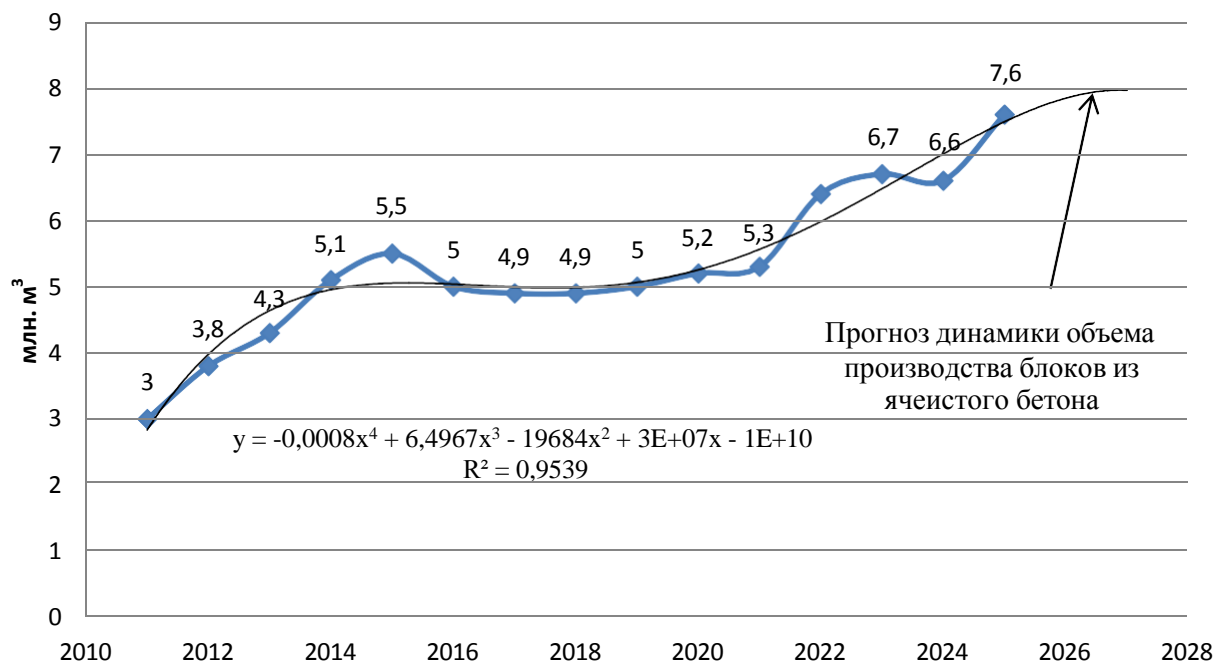


Рис.5 Линия тренда оценки динамики развития рынка ячеистого бетона в ЦФО

При этом величина достоверности аппроксимации $R^2=0,95$, что говорит о достаточно точном прогнозе динамики объема производства.

За последние 10 лет не было зафиксировано крупных изменений в количестве заводо-конкурентов. Это позволяет говорить о стабильном показателе монополизации исследуемого рынка. Оценочный прогноз по индексу Херфиндала-Хиршмана: степень монополизации рынка не изменится, если на территории, Воронежской, Липецкой и Белгородской областей не появятся новые крупные заводы и не прекратят производство действующие.

В случае увеличения количества производителей индекс будет снижаться, т.к. доля рынка, занимаемая одним предприятием, будет уменьшаться. В случае уменьшения количества производителей данный индекс будет расти.

Таким образом, на основании применяемой методики была проанализирована продукция основных предприятий-конкурентов на территории ЦФО. За последние 10 лет ячеистый бетон превратился в один из наиболее востребованных мелкоштучных строительных материалов, особенно для ИЖС. Проведенная оценка конкурентоспособности свидетельствует о необходимости дальнейшего развития производства данного материала за счёт модернизации действующих предприятий, оптимизации технологических процессов и внедрения инновационных решений в производственную цепочку.

Библиографический список

1. Свойства автоклавных ячеистых газобетонов [Электронный ресурс] - URL: <https://autoclavedaeratedconcrete.pro/tpost/ju0kmo2us1-svoistva-avtoklavnih-yacheistih-betonov>
2. Гринфельд, Г.И. Стеновые материалы: структурные изменения рынка, корреляция с вводом жилья / Г.И. Гринфельд [Электронный ресурс] - URL: <https://disk.yandex.ru/i/N7NKCToX8GXHOA>
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] - URL: <https://rosstat.gov.ru>
4. Семенов, А.А. Итоги развития российского рынка стеновых материалов в 2021 г. / А.А. Семенов. // Современный газобетон. – 2022. – № 3. – С. 44-45.

5. Степанова, М.П. Оценка емкости, динамики и структуры рынка мелкоштучных стеновых изделий для индивидуального жилищного строительства / М.П. Степанова, А. Н. Шубинов // Цифровая и отраслевая экономика. – 2024. – № 2(34). – С. 21-26.
6. Акулова, И.И. Новые технологии маркетинговых исследований: Учебно-методическое пособие для магистрантов направления 08.04.01 «Строительство» программы «Маркетинг строительных материалов, изделий и конструкций» / И.И. Акулова. - 2019, 64 с.

References

1. Properties of autoclaved cellular aerated concrete [Electronic resource] - URL: <https://autoclavedaeratedconcrete.pro/tpost/ju0kmo2us1-svoistva-avtoklavnih-yacheistih-betonov>
2. Grinfeld, G.I. Wall materials: structural changes in the market, correlation with housing construction / G.I. Grinfeld [Electronic resource] - URL: <https://disk.yandex.ru/i/N7NKCToX8GXHOA>
3. Federal State Statistics Service [Electronic resource] - URL: <https://rosstat.gov.ru>
4. Semenov, A.A. The results of the development of the Russian market of wall materials in 2021 / A.A. Semenov. // Modern aerated concrete. – 2022. – No. 3. – pp. 44-45.
5. Stepanova, M.P. Assessment of the capacity, dynamics and structure of the market of small-piece wall products for individual housing construction / M.P. Stepanova, A. N. Shubinov // Digital and industrial economics. – 2024. – № 2(34). – Pp. 21-26.
6. Akulova, I.I. New technologies of marketing research: An educational and methodological guide for undergraduates of the 08.04.01 direction "Construction" of the program "Marketing of building materials, products and structures" / I.I. Akulova. - 2019, 64 p.

УДК 332.012.2:311.218

*Воронежский государственный
технический университет*

*Кандидат экономических наук, доцент
кафедры инноватики и строительной
физики имени профессора И.С. Суворцева
И.В. Фатеева*

*Россия, г. Воронеж, тел +7(473)276-39-76
e-mail: fat.irina2015@yandex.ru*

*Студент кафедры инноватики и
строительной физики имени профессора
И.С. Суворцева*

В.Е. Соболева

*Россия, г. Воронеж, тел. +7-950-712-15-58
e-mail: sobolevavalera77@gmail.com*

Voronezh State

Technical University

*Cand. of Econ. Sc., Associate Professor of the
Department of Innovation and Building Physics
named after Professor I.S. Surovtsev*

I.V. Fateeva

*Russia, Voronezh, ph.: +7(473)276-39-76
E-mail: fat.irina2015@yandex.ru*

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

V.E. Soboleva

*Russia, Voronezh, ph.: +7-950-712-15-58
E-mail: sobolevavalera77@gmail.com*

И.В. Фатеева, В.Е. Соболева

СОЦИАЛЬНОЕ КАРТИРОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СМАРТ-РАЗВИТИЯ ГОРОДА

Аннотация: в статье рассматривается метод социального картирования как инструмент для диагностики смарт-развития городов в условиях урбанизации. Основное внимание уделяется применению этого метода в смарт-городах, включая определение потребностей населения, выявление проблемных зон и оценку эффективности городских программ. Примеры успешного использования социального картирования в таких городах, как Барселона и Лондон, демонстрируют его практическую значимость. В статье также обсуждаются преимущества и недостатки проекта.

Ключевые слова: социальное картирование, смарт-город, визуализация данных, интерактивные карты, инфраструктура.

I.V. Fateeva, V.E. Soboleva

SOCIAL MAPPING AS AN EFFECTIVE METHOD FOR DIAGNOSING SMART CITY DEVELOPMENT

Annotation: This article examines the method of social mapping as a tool for diagnosing the smart development of cities in the context of urbanization. The focus is on the application of this method in smart cities, including the identification of community needs, detection of problem areas, and evaluation of the effectiveness of urban programs. Examples of successful implementation of social mapping in cities like Barcelona and London demonstrate its practical significance. The article also discusses the advantages and disadvantages of the project.

Keywords: social mapping, smart city, data visualization, interactive maps, infrastructure.

Социальное картирование — это метод, который позволяет визуализировать и анализировать социальные данные, что делает его эффективным инструментом для диагностики смарт-развития городов [1]. В условиях стремительных урбанизации и роста городов этот метод становится особенно актуальным для выявления потребностей и проблем местных сообществ, а также для более эффективного планирования и управления городскими ресурсами. Оно не только помогает выявить потребности и проблемы местных сообществ, но и способствует более эффективному управлению городскими ресурсами. В

данной статье мы рассмотрим основные аспекты социального картирования, его применение в смарт-городах, примеры успешного использования, а также преимущества и недостатки этого подхода.

Разберемся в понятиях. Социальное картирование включает в себя несколько ключевых этапов.

Первый этап — это сбор данных. Данные могут быть собраны из различных источников, включая государственные статистические службы, опросы населения, а также данные, полученные через социальные сети и мобильные приложения. Важно, чтобы данные были актуальными и репрезентативными, так как это напрямую влияет на качество анализа.

Второй этап — это анализ собранных данных. На этом этапе исследователи используют различные методы статистического анализа и визуализации, чтобы выявить закономерности и тренды. Например, можно использовать геоинформационные системы (ГИС) для создания карт, которые показывают распределение различных социальных показателей по территории города [2].

Третий этап — это интерпретация результатов. На этом этапе важно учитывать контекст, в котором были собраны данные, а также возможные ограничения и искажения. Например, если данные о доходах населения собраны только в определенных районах, это может привести к неправильным выводам о состоянии экономики всего города. Этот метод позволяет визуализировать информацию, что делает ее более доступной для анализа и принятия решений [7].

Социальное картирование может включать в себя различные виды данных, такие как демографические характеристики, уровень доходов, доступ к образованию и здравоохранению, а также информацию о социальных сетях и взаимодействиях между жителями.

Рассмотрим применение социального картирования в смарт-городах. Смарт-город — это концепция, основанная на использовании технологий для улучшения качества жизни горожан [3]. Социальное картирование может быть использовано для создания более устойчивых и инклюзивных городов. Социальное картирование может помочь в следующих областях:

1. Определение потребностей населения: социальное картирование позволяет выявить, какие услуги и ресурсы наиболее востребованы в различных районах города. Например, в некоторых районах может быть недостаток образовательных учреждений, в то время как в других — нехватка медицинских услуг.
2. Выявление проблемных зон: с помощью картирования можно определить районы с высокой преступностью, плохой инфраструктурой или низким уровнем жизни. Это позволяет городским властям сосредоточить усилия на решении наиболее острых проблем [5].
3. Оценка эффективности программ: социальное картирование может использоваться для мониторинга и оценки существующих городских программ и инициатив. Например, можно проанализировать, как изменения в транспортной инфраструктуре повлияли на доступность общественного транспорта для различных групп населения.

Рассмотрим примеры успешного применения картирования. В ряде городов мира социальное картирование уже показало свою эффективность. Например, в Барселоне была разработана интерактивная карта, на которой жители могут сообщать о проблемах в инфраструктуре, таких как плохие дороги или недостаток освещения. Эти данные затем используются для планирования улучшений и распределения ресурсов [4].

Другим примером является проект «Городские данные» в Лондоне, который использует социальное картирование для анализа данных о здоровье населения. С помощью картирования исследователи могут выявить, какие районы имеют высокий уровень заболеваний, и какие факторы могут способствовать этому.

Как и каждый проект, картирование имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрим преимущества социального картирования:

1. Улучшение взаимодействия между властями и населением: социальное картирование способствует более открытому диалогу между городскими властями и жителями, позволяя последним активно участвовать в процессе принятия решений.
2. Более точное планирование городских инициатив: визуализация данных помогает городским планировщикам лучше понимать потребности населения и разрабатывать более эффективные стратегии.
3. Возможность быстрого реагирования на изменения: социальное картирование позволяет оперативно отслеживать изменения в потребностях населения и адаптировать городские программы в соответствии с этими изменениями.

Теперь рассмотрим недостатки данного проекта:

1. Необходимость в качественных данных: для успешного социального картирования необходимы точные и актуальные данные, которые могут быть труднодоступны. Это может потребовать значительных ресурсов и времени на сбор информации.
2. Риски неправильной интерпретации данных: визуализация данных может привести к их неправильной интерпретации, если не учитывать контекст и другие факторы, влияющие на ситуацию.

Исходя из всего вышенаписанного, подытожим: социальное картирование является мощным инструментом для диагностики смарт-развития городов [6]. Оно позволяет не только выявлять проблемы, но и находить пути их решения, что в конечном итоге способствует созданию более комфортной и безопасной городской среды. Важно продолжать развивать и внедрять этот метод, чтобы обеспечить устойчивое развитие городов в будущем. Важно помнить, что успешное применение этого метода требует не только качественных данных, но и активного участия местных сообществ. Только в этом случае социальное картирование сможет стать эффективным инструментом для диагностики и планирования смарт-развития городов, способствуя созданию более устойчивых и инклюзивных городских пространств.

Рекомендации для дальнейших исследований

Для более глубокого понимания роли социального картирования в смарт-развитии городов рекомендуется проводить дальнейшие исследования, включая:

1. Анализ успешных практик в различных городах и странах.
2. Изучение влияния технологий на процесс социального картирования.
3. Оценка долгосрочных эффектов внедрения социального картирования на качество жизни в городах.

Библиографический список

1. Баранов А.В. Социальное картирование как эффективный способ диагностики смарт-развития города / А.В. Баранов // Электронный архив ТПУ. – 2020. [Электронный ресурс] - URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/54636/1/TPU729387.pdf>
2. Григорьев И.А. Социальное картирование как метод анализа социально-территориального пространства / И.А. Григорьев // Киберленинка. – 2021. [Электронный ресурс] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnoe-kartirowanie-kak-metod-analiza-sotsialno-territorialnogo-prostranstva>
3. Дьяков С.В. Смарт-город: концепция и реализация / С.В. Дьяков // Городские исследования. – 2022. – С. 45-58.
4. Интерактивные карты как инструмент городского управления [Электронный ресурс] - URL: <https://www.citymapping.org>
5. Кузнецов А.Н. Социальное картирование в условиях городской среды / А.Н. Кузнецов // Журнал урбанистики. – 2021. – Т. 12, № 3. – С. 23-30.

6. Смарт-город: новые технологии для устойчивого развития / Под ред. И. П. Сидорова. – М.: Издательство «Город», 2020. – 256 с.
7. Федоров П.А. Применение геоинформационных технологий в социальном картировании / П.А. Федоров // Научные труды университета. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 12-19.

References

1. Baranov A.V. Social mapping as an effective way to diagnose smart city development / A.V. Baranov // Electronic Archive of TPU. – 2020. [Electronic resource] - URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/54636/1/TPU729387.pdf>
2. Grigoriev I.A. Social mapping as a method of analyzing socio-territorial space / I.A. Grigoriev // Cyberleninka. – 2021. [Electronic resource] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnoe-kartirovanie-kak-metod-analiza-sotsialno-territorialnogo-prostranstva>
3. Dyakov S.V. Smart city: concept and implementation / S.V. Dyakov // Urban Research. – 2022. – pp. 45-58.
4. Interactive maps as a tool of urban management [Electronic resource] - URL: <https://www.citymapping.org>
5. Kuznetsov A.N. Social mapping in an urban environment / A.N. Kuznetsov // Journal of Urban Studies. – 2021. – Vol. 12, No. 3. – pp. 23-30.
6. Smart city: new technologies for sustainable development / Edited by I. P. Sidorov, Moscow: Gorod Publishing House, 2020, 256 p.
7. Fedorov P.A. Application of geoinformation technologies in social mapping / P.A. Fedorov // Scientific works of the University. – 2023. – Vol. 15, No. 1. – pp. 12-19.

Научное издание

**ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ
И БИЗНЕС**

№ 1(19), 2026

Научный журнал

В авторской редакции

Дата выхода в свет 05.05.2026. Объем данных 3,5 МБ

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84