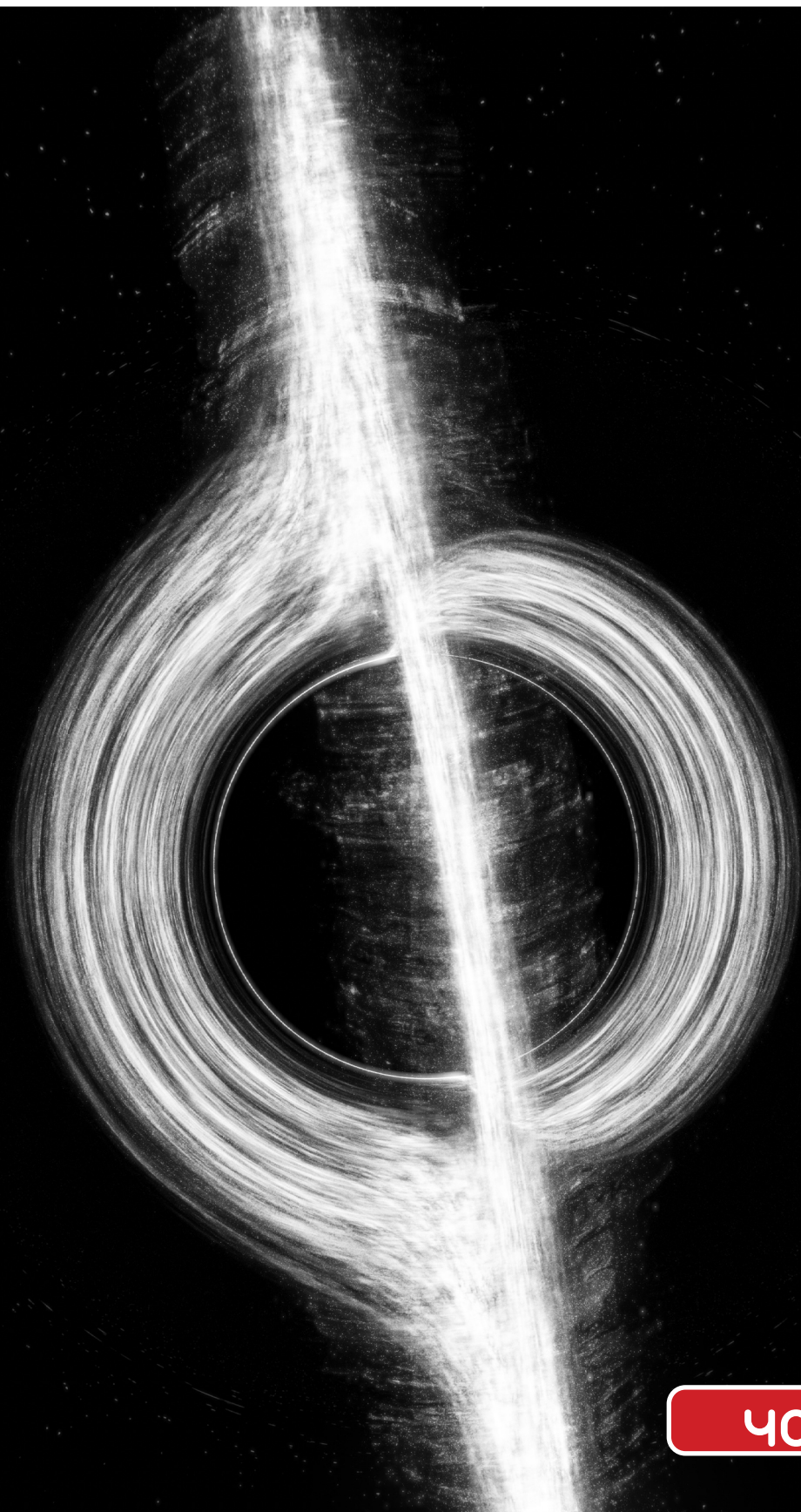


АП:И

АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

международный научный журнал // ISSN 2713-1513 // № 23 (309), 2026 // apni.ru



часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 23 (309)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

Главный редактор: Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.
При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абдуллин Тимур Зуфарович, кандидат технических наук (Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара)

Абидова Гулмира Шухратовна, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Альборад Ахмед Абуди Хусейн, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Асаналиев Мелис Казыкеевич, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биogeографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

Бафоев Феруз Муртазоевич, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

Гаврилин Александр Васильевич, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

Галузо Василий Николаевич, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

Григорьев Михаил Федосеевич, доктор сельскохозяйственных наук (Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого)

Губайдуллина Гаян Нурахметовна, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

Жилина Наталья Юрьевна, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Ильина Екатерина Александровна, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

Каландаров Азиз Абдурахманович, PhD по физико-математическим наукам, доцент, проректор по учебным делам (Гулистанский государственный педагогический институт)

Карпович Виктор Францевич, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

Кожевников Олег Альбертович, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

Колесников Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

Копалкина Евгения Геннадьевна, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Красовский Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

Кузнецов Игорь Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН, профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

Литвинова Жанна Борисовна, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

Мамедова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

Мукий Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

Никова Марина Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

Насакаева Бакыт Ермекбайкызы, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

Олешкевич Кирилл Игоревич, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

Попов Дмитрий Владимирович, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

Пятаева Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

Редкоус Владимир Михайлович, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

Самович Александр Леонидович, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

Сидикова Тахира Далиевна, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

Тихомирова Евгения Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МААН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

Хаитова Олмахон Саидовна, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

Цуриков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

Чернышев Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

Шаповал Жанна Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Шошин Сергей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

Юсупова Феруза Зойировна, доктор философии (PhD) (Навоийский государственный горно-технологический университет)

Яхшиева Зухра Зиятовна, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Садриева А.Ф.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПРЕПОДАВАНИЮ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ MAPLE.....6

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ильгуватова Н.А., Сафина К.Р., Кантимерова М.Т.

ЕВРОПЕЙСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА САМОБЫТНОСТЬ РУССКОЙ КУХНИ.....9

Шабалин С.И.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ШТАПЕЛЬНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ВОЛОКНА12

ВОЕННОЕ ДЕЛО

Губенко М.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СВЯЗИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ
РАЗВЕРТЫВАНИИ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ
ПОДГОТОВКИ17

ФИЗИКА

Григорьев А.Н.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РЕЛЯТИВИЗМ.....20

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Абитов М.М.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ARIMA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ
ЦЕН НА НЕФТЬ BRENT37

Артаева К.Ш., Полунин Д.А.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ
БИЗНЕС-АРХИТЕКТУРЫ В БАНКОВСКОЙ ИНДУСТРИИ46

Денисенко И.С., Черникова И.О.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАНИИ:
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ50

Дорощенко Я.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИЗНЕС-СИМУЛЯЦИОННОГО ПОДХОДА ПРИ ПОСТРОЕНИИ
CI/CD, CONTINUOUS TESTING И ПИРАМИДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ53

Кантимирова Д.М., Гималетдинова К.Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ
ЛОЯЛЬНОСТИ ГОСТЕЙ В РЕСТОРАННОМ БИЗНЕСЕ 57

Сагитова А.Р., Кантюкова А.Р., Тябина А.Н., Хисамутдинова Г.Р.

ЭКОНОМИКО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ И ЗАЩИТЫ ОТ УЯЗВИМОСТЕЙ..... 61

Тригубенко А.В., Горбунова Ю.В.

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО
ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЗОРА В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ НА ПРИМЕРЕ
САМОВОЛЬНОГО ЗАНЯТИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА 68

Тринц Н.Е.

SOFT SKILLS В IT И ПОЧЕМУ ОНИ ВАЖНЫ ПРОГРАММИСТУ 73

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Назаров И.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЛИЦОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ЛИСТОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ: АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРАКТИЧЕСКИЕ
РЕКОМЕНДАЦИИ..... 76

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Кузнецова С.И.

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ
НА ОСНОВЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ 79

МАТЕМАТИКА

САДРИЕВА Анжела Фердинандовна

студентка,

Казанский (Приволжский) федеральный университет – Елабужский филиал,
Россия, г. Елабуга

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПРЕПОДАВАНИЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ MAPLE

Аннотация. В статье выявляются проблемы традиционного обучения дифференциальным уравнениям и предлагаются способы их решения с использованием системы Maple. Объектом исследования выступает процесс обучения дифференциальным уравнениям в педагогическом вузе. На основе анализа практических примеров обосновывается эффективность применения визуализации, численных методов и универсальных команд Maple для повышения качества усвоения материала студентами педагогических направлений подготовки.

Ключевые слова: обыкновенные дифференциальные уравнения, система Maple, методика преподавания, визуализация решений, численные методы.

При изучении курса «Обыкновенные дифференциальные уравнения» в педагогическом вузе традиционно возникает разрыв между теоретической подготовкой студентов и их способностью применять полученные знания к решению прикладных задач. В учебно-методической литературе, в частности в пособии А. И. Егорова, прямо указывается на существующую проблему: студенты вынуждены запоминать множество типов уравнений и соответствующих им методов решений как набор изолированных алгоритмов, не связанных между собой единой логикой [1, с. 8]. В результате, как отмечает автор, из всего изученного материала через год-два обучающиеся способны воспроизвести лишь простейшие уравнения – с разделяющимися переменными и с постоянными коэффициентами.

В ходе анализа практической части лабораторных практикумов, в частности работы М. А. Калугиной, обнаруживается дополнительная проблема: при решении линейных систем с постоянными коэффициентами студенты тратят значительную часть учебного времени на громоздкие алгебраические вычисления (поиск собственных значений, собственных векторов, построение фундаментальной матрицы)

[3, с. 143]. Это происходит в ущерб пониманию структуры решения и его качественного анализа. Фактически, трудоёмкие вычислительные процедуры маскируют содержательную сторону задачи. Егоров в своём пособии также обращает внимание на то, что процесс практического применения того или иного метода может оказаться достаточно хлопотным, а на изучение теоретических вопросов времени почти не остается.

Кроме того, в учебной литературе отмечается, что особые решения дифференциальных уравнений традиционно считаются одной из наиболее сложных тем для восприятия студентами. Как показано в пособии Егорова, особое решение не обязательно обладает свойством отсутствия единственности решения задачи Коши в каждой своей точке, что противоречит интуитивным представлениям обучающихся. Без наглядной визуализации и возможности быстро проверить различные типы уравнений студенты часто не усваивают этот материал.

На основе выявленных проблем предлагается следующий подход к их решению с использованием системы Maple. Во-первых, универсальная команда `dsolve` позволяет снять вычислительную нагрузку со студентов. Как

показано в практикуме Калугиной, с помощью этой команды можно за одну строку получить как общее решение дифференциального уравнения, так и решение задачи Коши. Это даёт возможность сосредоточиться на анализе зависимости решения от начальных условий и параметров, а не на технике интегрирования.

Во-вторых, система Maple предоставляет средства для визуализации, что особенно важно при изучении уравнений первого и второго порядков. В пособии, описанном в статье Захаровой и Мироновой, приводится пример построения интегральной кривой с помощью команды `odeplot` после численного решения задачи Коши [2, с. 146]. Применение такого подхода позволяет студентам наблюдать поведение решения на заданном интервале, сопоставлять аналитическую и графическую формы представления результата. Визуализация становится особенно ценной при изучении особых решений: студент может увидеть на графике, как интегральная кривая касается огибающей или уходит на бесконечность.

В-третьих, использование Maple позволяет организовать поэтапное изучение материала с постепенным усложнением задач. Например, в лабораторном практикуме Калугиной сначала демонстрируется нахождение аналитического решения простейших уравнений, затем - численного, затем - графического. Такая последовательность, по мнению автора, соответствует принципу «от простого к сложному» и способствует формированию устойчивых навыков работы с математическим пакетом.

Эффективность предложенного подхода подтверждается примерами из описанных в источниках заданий. При решении уравнения с разделяющимися переменными студент сначала получает общее решение в символьном виде, затем подстановкой начального условия находит частное решение и, наконец, строит график. В традиционной методике эти три этапа часто разорваны во времени и не осознаются студентом как единый процесс. Maple же позволяет выполнить их последовательно в одной сессии, что укрепляет понимание связей между различными формами представления решения.

Отдельного внимания заслуживает вопрос об особых решениях дифференциальных уравнений. В учебной литературе эта тема традиционно считается сложной для восприятия. Как показано в пособии Егорова, особые решения не всегда связаны с нарушением

единственности решения задачи Коши, а могут определяться границей области определения функции. С помощью Maple, в частности команды `odeadvisor`, студент может определить тип уравнения и заранее знать, каких особенностей следует ожидать. Это снижает когнитивную нагрузку и позволяет сосредоточиться на сути явления.

Сравнительный анализ традиционной методики и подхода с использованием Maple позволяет выделить следующие преимущества последнего. Во-первых, сокращается время на рутинные вычисления, что даёт возможность уделить больше внимания анализу свойств решений. Во-вторых, визуализация интегральных кривых и фазовых портретов способствует формированию геометрической интуиции. В-третьих, универсальность команды `dsolve` позволяет студенту быстро проверять гипотезы о виде решения при различных начальных условиях и параметрах.

В лабораторном практикуме Калугиной показано, как с помощью команды `odeplot` можно построить график численного решения дифференциального уравнения и сравнить его с точным решением, если последнее известно. Такой подход позволяет студенту не только получить численный ответ, но и оценить его точность, что является важным навыком для будущего педагога, который будет объяснять школьникам или студентам возможности и ограничения численных методов.

Таким образом, традиционное преподавание дифференциальных уравнений характеризуется разрывом между вычислительной техникой и содержательным анализом решений. Система Maple, благодаря наличию универсальной команды `dsolve`, средств визуализации (`odeplot`) и определения типа уравнения (`odeadvisor`), способна преодолеть этот разрыв. Наиболее эффективным представляется поэтапное введение средств Maple: от аналитического решения к численному и далее к графическому. Применение такого подхода в подготовке бакалавров педагогического направления позволяет перевести обучение с запоминания алгоритмов на понимание структуры и поведения решений дифференциальных уравнений.

Литература

1. Егоров А.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения и система Maple / А.И. Егоров. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2016. –

392 с. – ISBN 978-5-91359-205-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/92994> (дата обращения: 04.06.2026).

2. Захарова А.А., Миронова Л.Б. Об учебно-методическом пособии «Обыкновенные дифференциальные уравнения в системе

Maple» для бакалавров направления «педагогическое образование...» // Вопросы студенческой науки. – 2021. – № 4 (56). – С. 143-148.

3. Калугина М.А. Математический анализ. Лабораторный практикум в системе Maple: учеб.-метод. пособие. – Минск: БГУИР, 2018. – 124 с.

SADRIEVA Angela Ferdinandovna

Student, Kazan (Volga Region) Federal University – Yelabuga Branch, Russia, Yelabuga

AN ANALYTICAL REVIEW OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO TEACHING DIFFERENTIAL EQUATIONS USING THE MAPLE SYSTEM

Abstract. *This article identifies the challenges of traditional teaching of differential equations and proposes solutions using the Maple system. The object of the study is the process of teaching differential equations in a pedagogical university. Based on the analysis of practical examples, the effectiveness of using visualization, numerical methods, and universal Maple commands to improve the learning experience of students majoring in pedagogy is substantiated.*

Keywords: *ordinary differential equations, Maple system, teaching methods, visualization of solutions, numerical methods.*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИЛЬГУВАТОВА Наиля Аликовна

студентка, Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

САФИНА Камила Рафисовна

студентка, Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

КАНТИМЕРОВА Миляуша Тимергалеевна

старший преподаватель,
Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

ЕВРОПЕЙСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА САМОБЫТНОСТЬ РУССКОЙ КУХНИ

Аннотация. Европейское влияние, усилившееся с XVIII века, кардинально видоизменило русскую кухню, обогатив её новыми технологиями, соусами и продуктами. В статье рассматриваются следующие аспекты: истоки и самобытность русской кухни, этапы европейского влияния, технологии и культура питания, влияние на самобытность.

Ключевые слова: русская кухня, изменение текстуры и вкуса, европейские повара, кулинарные заимствования.

Формирование древнерусской кухни берет начало в IX–X веках, достигнув пика популярности в XV–XVI столетиях. В это время на замену вековым традициям пришли новые виды выпечных изделий такие как ржаной хлеб, сайки, пышки, блины и пироги. Основным элементом для всех этих блюд служило кислое тесто, которое на протяжении долгого времени это было отличительной чертой русской кухни. Любовь к кислому и квасному отразилась и на появлении овсяного, пшеничного и ржаного киселей.

Ограниченное употребление мясомолочных продуктов в русской кухне было обусловлено постными традициями и религиозными требованиями. Мясо чаще всего варили, добавляя в супы и кашицы, а молоко употребляли сырым, томленным или скисшим, из которого готовили творог и сметану. В течение длительного времени русская национальная кухня развивалась, и приготовление пищи сводилось к варке или выпеканию в русской печи. Томление Приготовление пищи в печи было особым процессом,

который не только придавал ей неповторимый вкус, но и сохранял все полезные свойства.

Путешествуя по Европе, знатные вельможи привозили с собой иностранных поваров, что значительно обогатило русскую кухню новыми блюдами. Среди них можно выделить разнообразные блюда из фарша: котлеты, запеканки, паштеты и рулеты. Также в России появились европейские супы: молочные, овощные и протёртые. Кроме того, в русскую кухню были добавлены немецкие бутерброды, сливочное масло, французские и голландские сыры.

В эпоху Петра I в русском языке появилось новое слово – «суп», которое заменило собой более старый термин «похлебка». Ранее этот термин использовался для описания различных первых блюд, приготовленных с использованием лапши, овощей и круп.

На рубеже XVII–XVIII веков русская национальная кухня пережила значительные изменения под влиянием французской кулинарии. Этот период, продлившийся чуть более ста лет (до начала XIX века), ознаменовался

разделением кухни аристократии и простого народа. Дворянство, перенимая западноевропейские культурные и бытовые традиции, в том числе кулинарные, отказалось от привычного русского застолья. Богатые вельможи, путешествуя по Европе, приглашали иностранных поваров, что привело к появлению в русском меню блюд из фарша (котлет, запеканок, паштетов, рулетов) и нетрадиционных супов (молочных, овощных, протертых), заимствованных из шведской, немецкой и французской кухни.

Французские повара сыграли ключевую роль в модернизации кухни высшего общества. Мари-Антуан Карем – первый французский кулинар, который оказал значительное влияние на возрождение русской кухни. Он служил при дворе Александра I и стал одним из первых, кто начал вносить изменения в порядок подачи блюд. Вместо французской системы XVIII века, когда все блюда выставлялись одновременно, он возродил старинный русский обычай смены блюд. Этот русский способ подачи и мода на закуски быстро завоевали признание не только во Франции, но и по всей Европе.

Европейские повара (в основном французские, немецкие и австрийские) принесли техники, которые изменили структуру блюд:

1. Длительное томление уступило место быстрой обработке. Вкус блюд стал более «открытым», появились новые ароматы жареного, а не только тушеного.

2. До влияния Запада в России мясо/рыбу для пирогов пластовали, а не рубили. Плита и новые инструменты (мясорубки, дуршлаг) позволили ввести в рацион котлеты, бифштексы, паштеты, рулеты и запеканки.

3. Вместо традиционных густых заправок (сметана, мука) стали использовать сложные французские соусы, требующие постоянного контроля на огне. Таким образом стали применяться европейские соусы

4. Именно наплитное приготовление сделало возможным появление знаменитых блюд русской ресторанной кухни XIX века (бефстроганов, пожарские котлеты), которые являются гибридом русской сытности и европейской техники. Это указывает на развитие ресторанной кухни.

Таким образом, можно подчеркнуть, что европейское влияние сделало русскую кухню более разнообразной и изысканной, однако основные принципы (сытность, использование печи для томления, любовь к квашению и

солениям, разнообразие супов) сохранились, интегрировав новые элементы в традиционную структуру.

Литература

1. Васильченко Р.А. Менеджмент ресторанных технологий и сервиса в индустрии HoReCa // Актуальные исследования. 2025. № 29 (264). Ч. II. С. 81-84. URL: <https://apni.ru/article/12682-menedzhment-restorannyh-tehnologij-i-servisa-v-industrii-horeca>.

2. Денисов А.С. Оценка эффективности и процедуры контроля маркетинговых мероприятий ресторана // Актуальные исследования. 2020. № 9 (12). Ч. II. С. 54-56. URL: <https://apni.ru/article/748-otsenka-effektivnosti-i-protseduri-kontrolya>.

3. Ильгватова Н.А., Сафина К.Р. Эволюция десертного меню: актуальные тренды в ресторанной индустрии // Актуальные исследования. 2026. № 20 (306). Ч. I. С. 31-33. URL: <https://apni.ru/article/15114-evolyuciya-desernogo-menyu-aktualnye-trendy-v-restoranoj-industrii>.

4. Иностранные влияния и национальная самобытность русской кухни. Павловская А.В. В сборнике: История еды и традиции питания народов мира. Материалы II Международного симпозиума. МГУ имени М. В. Ломоносова; Центр по изучению взаимодействия культур; Академия гастрономической науки и культуры. 2016. С. 25-48.

5. Костригина В.М., Урманшина Н.М. Искусственный интеллект и продвижение услуг ресторанного бизнеса // Актуальные исследования. 2025. № 42 (277). Ч. I. С. 15-17. URL: <https://apni.ru/article/13318-iskusstvennyj-intellect-i-prodvizhenie-uslug-restorannogo-biznesa>.

6. Лаврентьев Е.В. Инструменты маркетинговых коммуникаций в среде Интернет в ресторанном бизнесе // Актуальные исследования. 2023. № 5 (135). С. 107-110. URL: <https://apni.ru/article/5526-instrumenti-marketingovikh-kommunikatsij-v-sr>.

7. Скрипка А.О. Адаптация традиционных рецептов под современные запросы потребителей от гастрономического наследия к осознанному питанию // Актуальные исследования. 2021. № 25 (52). URL: <https://apni.ru/article/2635-adaptacziya-tradiczionnyh-recipev-pod-sovremennye-zaprosy-potrebitelej-ot-gastronomicheskogo-naslediya-k-osoznannomu-pitaniju>.

ILGUVATOVA Nailya Alikovna

Student,
Moscow State University of Technology and Management
named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

SAFINA Kamila Rafisovna

Student,
Moscow State University of Technology and Management
named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

KANTIMEROVA Milyausha Timergaleevna

Senior Lecturer,
Moscow State University of Technology and Management
named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

EUROPEAN INFLUENCE ON THE IDENTITY OF RUSSIAN CUISINE

Abstract. *The European influence, which has intensified since the 18th century, has radically changed Russian cuisine, enriching it with new technologies, sauces and products. The article examines the following aspects: the origins and identity of Russian cuisine, the stages of European influence, technology and food culture, and the impact on identity.*

Keywords: *Russian cuisine, changing texture and taste, European chefs, culinary borrowings.*

ШАБАЛИН Сергей Иванович

аспирант кафедры технологии стекла и керамики,
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова,
Россия, г. Белгород

*Научный руководитель – доцент кафедры технологии стекла и керамики
Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова,
кандидат технических наук Онищук Виктор Иванович*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ШТАПЕЛЬНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ВОЛОКНА

Аннотация. В статье проведен сравнительный анализ способов подготовки силикатного расплава для производства штапельного минерального волокна. Рассмотрены наиболее распространенные плавильные агрегаты, применяемые в России и за рубежом, включая ваграночные, ваннные и электродуговые печи. Оценка сделана по критериям производительности, энергоэффективности, технологической гибкости и возможности переработки шихт с различным значением модуля кислотности (M_k). Установлены преимущества и ограничения каждого типа оборудования, а также определены диапазоны M_k , обеспечивающие получение минерального волокна с высокими эксплуатационными характеристиками. Результаты проведенного анализа современных технологий плавления подтверждают необходимость обоснованного выбора плавильного агрегата, определяемого производственными требованиями к качеству готовой продукции, характеристиками используемого сырья и экономическими возможностями предприятия.

Ключевые слова: модуль кислотности, кремний-кислородный каркас, вязкость, штапельное волокно, вагранка, газовая ванная печь с дополнительным электроподогревом, электродуговая печь, барботаж, гомотенизация, FeO , Fe_2O_3 , газовая фаза, кристаллизация.

Одним из ключевых параметров силикатных расплавов является модуль кислотности (M_k), определяющий структуру и эксплуатационные свойства минеральной ваты. В современной литературе M_k представлен формулой:

$$M_k = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO}, \quad (1)$$

Считается, что увеличение модуля кислотности благоприятно сказывается на прочностных характеристиках индивидуальных минеральных волокон. Данное заключение справедливо при выполнении условий хорошей подготовки расплава в плавильном агрегате. Рассмотрим данный вопрос комплексно и сделаем интегральную оценку данного вывода. Исходя из представлений современной физической химии M_k прямым образом влияет на связанность кремний-кислородного каркаса [1]. При этом чем выше модуль кислотности, тем больше размер анионных комплексов в структуре стеклообразующих оксидов SiO_2 , Al_2O_3 , что положительно сказывается на

структурообразующей сетке, обеспечивающей высокие прочностные характеристики.

Для производства штапельного минерального волокна с высокими эксплуатационными характеристиками необходимо строго контролировать химический состав расплавов. Одним из ключевых физико-химических параметров, определяющих пригодность силикатных расплавов для волокнообразования, является вязкость, которая напрямую связана со значением модуля кислотности. При этом чем больше M_k , тем больше вязкость.

Определение вязкости инструментальными методами затруднено рядом проблем [2, с. 11–14]. Основными факторами ограничивающим применение данного подхода, ограничивающим действие данного подхода относятся: высокая стоимость специального оборудования, сложность его эксплуатации, а также ограниченная доступность приборов на рынке Российской Федерации. Ввиду сложности определения вязкости силикатных расплавов предпринимаются попытки разработки

математических методов ее расчета на основе данных о химическом составе. Наиболее точная аппроксимация вязкости силикатных расплавов достигается с помощью предложенного

$$\eta = 3,62(\text{SiO}_2)^{3,07}(\text{Al}_2\text{O}_3)^{-0,16}(\text{CaO})^{-0,4}(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)^{1,34}(\text{Mk})^{1,25}(T - 1100)^{-2,58}, \quad (2)$$

При моделировании расчета вязкости по химическому составу (2), авторами был использован массив данных базальтовых расплавов, полученных на ротационном вискозиметре в диапазоне температур 1200...1450° С. Плавление и последующая переработка расплавов с высоким модулем кислотности сопряжена с рядом технологических сложностей. С увеличением Мк возрастает вязкость расплава, увеличивается энергия плавления сырьевых материалов [4, с. 262-265], усложняется гомогенизация и повышается риск образования дефектов в структуре волокна.

В современной промышленности для переработки горных изверженных пород в штапельное минеральное волокно применяются следующие типы плавильных агрегатов:

- коксовые и коксогозовые вагранки;
- газовые вагранки;
- рекуперативные и регенеративные ванны печи;

в работе [3, с. 220-223] многофакторного уравнения регрессии, отражающего как индивидуальный, так и суммарный вклад расплавообразующих оксидов:

- электродуговые (рудотермические) печи;
- специальные газовые ванны печи с электроподогревом и барботажем.

Каждый из указанных плавильных агрегатов обладает своими специфическими достоинствами и недостатками, а также характеризуется оптимальным диапазоном модуля кислотности, при котором достигается максимальное качество минерального волокна (табл. 1).

Таким образом, выбор плавильного агрегата должен осуществляться с учетом требуемого модуля кислотности исходного сырья и целевых характеристик конечного продукта. Это позволяет обеспечить стабильность технологического процесса и высокое качество изделий из минеральной ваты. Или в случае наличия определенного плавильного агрегата, нужно правильно делать выбор по подбору сырьевых материалов и конечному уровню Мк.

Таблица 1

Тип плавильного агрегата	Рекомендуемый диапазон Мк
Рекуперативные и регенеративные ванны печи	1,65–1,75
Вагранки (коксовые, коксогозовые, газовые)	1,80–1,90
Электродуговые (рудотермические печи)	2,00–2,10
Специальные газовые печи с ДЭП и барботажем	2,1–2,40

Сделаем анализ приведенных выше плавильных агрегатов, более широко затронув их достоинства и недостатки на основании данных теоретических процессов плавления, а также практических результатов исследований макро- и микроуровня минерального штапельного волокна.

В приводимом анализе рассмотрим три основных типа плавильных агрегата представляющих собой наибольший интерес: коксовые вагранки, ванны газовые печи с дополнительным электроподогревом (ДЭП) и барботажем, электродуговые (рудотермические) печи.

1-й тип – вагранки [5]. Главным преимуществом и причиной большой популярности вагранок явилась простота обслуживания, минимальные затраты на капитальные и текущие ремонты оборудования. Помимо этого, вагранки обеспечивают высокую производительность, не соизмеримую с другими плавильными агрегатами. Именно

производительность и является неким краеугольным камнем как положительных, так и отрицательных факторов подготовки качественного расплава. Несмотря на то, что вагранки являются одним из самых применяемых плавильных агрегатов, они имеют ряд существенных недостатков:

- Недостаточность прохождения твердофазных реакций при температурах до начала плавления материалов, что обусловлено крупной фракцией компонентов сырья;
- Быстротечность процесса от момента начала плавления до момента выхода расплава из сифона;
- Короткий промежуток времени нахождения материала в жидкой фазе (расплавленном состоянии) отрицательно сказывается на полном перемешивании, дегазации и гомогенизации расплава;

- Восстановление железа из оксидов железа входящих в состав горных изверженных пород;
- Образование большого количества вредных дымовых газов.

Рассматривая имеющиеся недостатки процесса плавания, можно выделить три основных:

1. Плохая гомогенизация расплава ввиду ограниченного времени его нахождения в расплавленном состоянии;
2. Слабая дегазация расплава ввиду ограниченного времени состояния нахождения расплава в жидкой фазе и отсутствия возможности барботирования;
3. Восстановление оксидов FeO и Fe₂O₃ до металлического железа.

Таблица 2

Типичный химический состав для вагранок

Содержание оксидов, мас.%							
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _x O _y	MgO	CaO	Na ₂ O+ K ₂ O	Мк
43-46	1,0-1,5	12-15	4,5-9	9,0-10,5	20- 23	2,5-3,1	1,8-1,9

2-й тип – ваннные печи с электроподогревом и барботажем. Современные печи 2-го типа представляют собой газовую рекуперативную печь с дополнительным электроподогревом непрерывного действия и барботажем.

Данная технология плавания, дополненная электроподогревом и барботажем позволяет плавить шихту, имеющую высокий модуль кислотности 2,1...2,4.

Таблица 3

Типичный химический состав для ваннных печей

Содержание оксидов, мас.%							
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _x O _y	MgO	CaO	Na ₂ O+ K ₂ O	Мк
45-46	1,0-1,5	12,0-12,6	12,5-13,5	9,5-10,5	15,5- 17	2,5-3,1	2,1-2,4

Ключевым преимуществом данной технологии является наличие дополнительного электроподогрева. Данная система обеспечивает эффективный подогрев нижних слоев расплава, расположенных в районе пода печи, что позволяет довести расплав до требуемой вязкости, обеспечивающей его оптимальное движение и гомогенизацию [6].

Не менее важную роль играет барботаж – процесс продувки расплава воздухом. Барботаж способствует интенсивному перемешиванию всех масс расплава, что дополнительно повышает степень гомогенизации. Кроме того, данный процесс обеспечивает удаление газовой фазы, находящейся в расплаве, что способствует снижению дефектности и повышению стабильности физико-механических свойств готового продукта.

К отличительным, положительным особенностям ваннных печей относится возможность одновременного размещения значительного объема расплава, что обеспечивает стабильность технологического процесса и конечных свойств получаемого волокна.

Совокупность указанных технологических решений позволяет получить гомогенизированный силикатный расплав, максимально соответствующий оптимальным характеристикам,

необходимым для его качественной последующей переработки в штапельное волокно.

3-й тип – электродуговые (рудотермические) печи. Электродуговые рудоплавильные печи постепенно обретают свою вторую жизнь.

Данная технология обладает рядом существенных преимуществ, определяющих ее растущую популярность в современной промышленности. Ключевым достоинством этой технологии является возможность достижения сверхвысоких температур в локальной зоне плавания. Этот фактор создает благоприятные условия для формирования гомогенного расплава. К преимуществам данного типа оборудования также относятся простота конструкции, возможность плавки различных видов тугоплавкого сырья, гибкость управления технологическим процессом.

С точки зрения физико-химических процессов, протекающих в печи, интенсивный термический режим способствует эффективной диффузии элементов в ионных расплавах. Это дополнительно обеспечивает высокую степень гомогенизации силикатного расплава, что является критически важным фактором для получения качественного штапельного волокна.

Важной особенностью процесса плавки в электродуговых печах является возможность

поддержания слабо-восстановительной среды. Это условие предотвращает нежелательное восстановление оксидов железа (Fe^{2+} и Fe^{3+}) до металлического состояния. Сохранение железа в оксидной форме положительно сказывается на стабильности и прогнозируемости химического состава получаемого расплава [7, с. 96-109].

Помимо всего, высокие энергетические возможности электродуговых печей позволяют получать расплавы с повышенным модулем кислотности, $\text{Mk} = 2,0...2,1$, что повышает физико-механические и эксплуатационные характеристики конечных продуктов из штапельного минерального волокна.

Таблица 4

Типичный химический состав для электродуговых печей

Содержание оксидов, мас. %							
SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_xO_y	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	Mk
45-46	1,0-1,5	12,0-14,6	4,5-10,5	9,5-10,5	18,0-20,0	2,0 – 2,6	2,0-2,1

Проведенный анализ современных технологий плавления силикатных расплавов для производства штапельного волокна позволяет сделать вывод о целесообразности выбора правильного агрегата в зависимости от производственных задач и экономических возможностей предприятия.

Технологии 1 типа остаются востребованным решением для предприятий, ориентированных на массовое производство изделий из минерального штапельного волокна. Их главное преимущество – простота обслуживания, минимальные капитальные вложения и высокая производительность, значительно превышающая показатели печей других типов. Тем не менее, данная технология обладает рядом существенных недостатков:

- недостаточная полнота прохождения твердофазных реакций из-за крупной фракции сырья (80...150мм), и кратковременности пребывания материала в жидкой фазе,
- восстановление оксидов железа до металлического состояния, что негативно влияет на получаемый химический состав расплава,
- образование большого количества вредных дымовых газов, требующих дорогостоящих систем газоочистки.

Технология 2-типа обеспечивает одни из лучших условий для гомогенизации расплава за счет сочетания газового нагрева, дополнительного электроподогрева и барботажа. Это позволяет получать сырье с высоким $\text{Mk} = 2,1...2,4$, что обеспечивает высокие физико-механические характеристики, необходимые для штапельного волокна. Тем не менее данная технология не является массовой из-за высокой стоимости инвестиционных и капитальных затрат на строительство и эксплуатацию. Кроме того, данные печи уступают ваграночным печам по производительности.

Технология 3-типа демонстрирует значительный потенциал и перспективы дальнейшего совершенствования. Ключевым преимуществом данной технологии является возможность достижения высоких температур, что позволяет работать с композицией сырья обеспечивающей высокий модуль кислотности ($\text{Mk} = 2,0...2,1$), а также производительностях приближенных к ваграночным печам.

Таким образом, выбор оптимальной технологии плавки должен основываться на балансе между требованиями к качеству конечного продукта, необходимой производительностью и экономическими факторами.

Литература

1. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий – М.: Теплоэнергетик. 2002. – 416 с.
2. Татаринцева О.С., Ходакова Н.Н., Углова Т.К. Зависимость вязкости базальтовых расплавов от химического состава исходного минерального сырья // Стекло и керамика. – 2011. – № 10. – С. 11-14.
3. Татаринцева О.С. Прогнозирование вязкости расплавов по химическому составу горных пород // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 220-223.
4. Углова Т.К., Ходакова Н.Н., Новоселова С.Н., Татаринцева О.С. Переработка тугоплавких горных пород в минеральные волокна // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4-1. – С. 262-265.
5. Матюхин В.И., Матюхина А.В., Хандошка А.В. Физико-химические основы формирования минерального расплава в вагранке: учебное пособие. – Москва: РУСАЙНС, 2023. – 236 с.
6. Артамонова М.В., Асланова М.С. и др. под ред. Павлушкина М.Н. Химическая

технология стекла и ситаллов. – М. Стройиздат, 1983. – 432 с.

7. Лазарова Ю.С., Онищук В.И., Шабалин С.И. Роль Fe_2O_3 в структуре и свойствах бесщелочных железосодержащих

магнийалюмосиликатных стекол для непрерывного высокомодульного стекловолокна // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 12. С. 96-109. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-12-96-109.

SHABALIN Sergey Ivanovich

Postgraduate Student of the Department of Glass and Ceramics Technology,
Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Russia, Belgorod

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Glass and Ceramics Technology
at the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov,
Candidate of Technical Sciences Onishchuk Victor Ivanovich*

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR OBTAINING SILICATE MELTS FOR STAPLE MINERAL FIBER PRODUCTION

Abstract. The article provides a comparative analysis of methods for preparing a silicate melt for the production of staple mineral fiber. The most common smelters used in Russia and abroad are considered, including cupola, bath and electric arc furnaces. The assessment was made according to the criteria of productivity, energy efficiency, technological flexibility and the possibility of processing mixtures with a different value of the modulus of acidity (M_k). The advantages and limitations of each type of equipment are established, as well as the ranges of M_k are determined, which ensure the production of mineral fiber with high performance characteristics. The results of the analysis of modern melting technologies confirm the need for a reasonable choice of the melting unit, determined by the production requirements for the quality of the finished product, the characteristics of the raw materials used and the economic capabilities of the enterprise.

Keywords: acidity modulus, silicon-oxygen framework, viscosity, staple fiber, cupola, gas oven furnace with additional electric heating, electric arc furnace, bubbling, homogenization, FeO , Fe_2O_3 , gas phase, crystallization.

ВОЕННОЕ ДЕЛО

ГУБЕНКО Михаил Алексеевич

сотрудник, Академия ФСО России, Россия, г. Орел

Научный руководитель – сотрудник Академии ФСО России Борисов Владислав Сергеевич

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СВЯЗИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ РАЗВЕРТЫВАНИИ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКИ

Аннотация. В статье представлены материалы анализа проблем функционирования подразделений связи в многофакторных вооружённых конфликтах при отсутствии заблаговременной подготовки и дефиците времени на развёртывание. Основной замысел работы связан с преодолением методического пробела, обусловленного недостаточной адаптацией штатных методов планирования к условиям оперативного развёртывания. В рамках проведённого исследования изучены и уточнены ключевые факторы снижения эффективности организации связи, включая недостаточную мобильность традиционных систем, высокую уязвимость к радиоэлектронному противодействию и ограниченную подготовку личного состава. Особое внимание уделено разработке методики оптимизации действий подразделений связи на основе децентрализации информационных потоков и применения имитационного моделирования. Сформулирован сбалансированный вывод: интеграция автоматизированных систем на базе искусственного интеллекта и конвергентных подходов к построению сетей связи позволяет существенно повысить устойчивость и оперативность управления войсками в динамично меняющейся боевой обстановке.

Ключевые слова: подразделения связи, оперативное развёртывание, многофакторный вооружённый конфликт, радиоэлектронное противодействие, искусственный интеллект, имитационное моделирование, конвергентная система связи, живучесть связи.

В современных условиях ведения многофакторных вооружённых конфликтов организация связи сталкивается с рядом принципиальных трудностей, обусловленных нестабильной оперативной обстановкой и острым дефицитом времени для подготовки. Отсутствие заблаговременного планирования исключает возможность формирования детальных данных о системе связи, что существенно усложняет управление коммуникациями на начальном этапе боевых действий. При этом требования к скорости и надёжности устанавливаемых каналов связи многократно возрастают, что диктует необходимость выработки новых адаптивных подходов.

Актуальность данного исследования обусловлена историографическим и методическим пробелом в области организации связи при оперативном развёртывании. Большинство существующих работ ориентированы на

плановое применение средств связи в условиях полной исходной информации, тогда как реальная боевая практика демонстрирует необходимость работы «с нуля» – при отсутствии предварительной настройки оборудования и подготовленных данных по связи.

Целью настоящей работы является разработка и обоснование методики оптимизации действий подразделений связи в условиях отсутствия заблаговременной подготовки. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: анализ ключевых факторов снижения эффективности организации связи, оценка применимости традиционных методов управления, разработка адаптивной методики развёртывания, а также обоснование необходимости внедрения технологий искусственного интеллекта и имитационного моделирования.

Объективный анализ показывает, что традиционные системы связи всё меньше соответствуют современным требованиям. Ключевыми проблемами являются: низкая мобильность проводных и радиорелейных линий, длительность их развертывания, высокая уязвимость к средствам радиоэлектронной борьбы противника, а также недостаточная подготовка личного состава к работе в стрессовых условиях с неполной информацией. Особую остроту приобретают в условиях применения противником беспилотных летательных аппаратов и систем космической разведки, которые способны оперативно вскрывать узлы связи и наносить по ним высокоточные удары.

Практика применения учебных данных, отработанных в контролируемой среде, в реальных боевых условиях сопряжена с существенными рисками. Физико-географические особенности местности, активное радиоэлектронное противодействие и фактор внезапности приводят к тому, что штатные схемы развертывания оказываются неэффективными. Личный состав, не имеющий опыта скрытного и оперативного развертывания под огнём противника, допускает ошибки, снижающие живучесть и устойчивость системы связи.

Выход из сложившейся ситуации видится в разработке адаптивной методики действий подразделений связи, основанной на следующих принципах. Во-первых, это децентрализация управления информационными потоками с применением Mesh-технологий, позволяющая повысить пропускную способность и устойчивость объединённой сети связи за счёт исключения единой точки отказа. Во-вторых, это непрерывный мониторинг технического состояния средств связи с использованием имитационного моделирования на базе формализма сетей Петри, что даёт возможность прогнозировать отказы и перераспределять ресурсы в реальном времени. В-третьих, это внедрение автоматизированных систем управления на основе искусственного интеллекта, обеспечивающих семантический анализ обстановки, оптимальное распределение каналов связи и быстрое реагирование на воздействие противника.

Практическая значимость предложенной методики подтверждается результатами имитационного моделирования сценариев развертывания в условиях ограниченного времени. Моделирование показало, что применение гибких децентрализованных схем и

автоматизированного распределения ресурсов позволяет сократить время развертывания системы связи на 25–30%, повысить устойчивость к радиоэлектронному подавлению и обеспечить непрерывность управления войсками даже при выходе из строя отдельных узлов.

Ключевым условием реализации предлагаемых подходов является подготовка личного состава. Система непрерывного образования «школа – военный вуз» в сочетании с активным применением тренажёрных комплексов и моделирующих сред позволяет сформировать у специалистов связи навыки быстрого принятия решений в условиях неопределённости, скрытного развертывания и противодействия техническим средствам разведки противника.

Вывод: предложенная методика оптимизации действий подразделений связи, основанная на децентрализации управления, имитационном моделировании и автоматизации на базе искусственного интеллекта, позволяет существенно повысить эффективность организации связи при оперативном развертывании в условиях отсутствия заблаговременной подготовки. Интеграция разработанных решений в практическую деятельность войск связи способствует повышению мобильности, живучести и устойчивости системы связи, что является критическим фактором успешного ведения современных многофакторных вооружённых конфликтов.

Литература

1. Костарев С.В., Воробьёв И.Г. Практические выводы из опыта организации и обеспечения связи в международных вооружённых конфликтах // Военная мысль. 2022. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prakticheskie-vyvody-iz-opyta-organizatsii-i-obespecheniya-svyazi-v-mezhdunarodnyh-vooruzhennykh-konfliktah> (дата обращения: 27.05.2026).
2. Панкратьев А.Н. Направления развития системы связи объединений Воздушно-космических сил в современных вооружённых конфликтах // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2024. № 32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-razvitiya-sistemy-svyazi-obedineniy-vozdushno-kosmicheskikh-sil-v-sovremennykh-vooruzhennykh-konfliktah> (дата обращения: 27.05.2026).
3. Тишков В.В., Иванов В.Г., Лукьянчик В.Н. Обоснование облика построения перспективных комплексов и средств связи на основе опыта организации связи при проведении

специальной военной операции // Военная мысль. 2023. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-oblika-postroeniya-perspektivnyh-kompleksov-i-sredstv-svyazi-na-osnove-opyta-organizatsii-svyazi-pri-provedenii> (дата обращения: 27.05.2026).

4. Моисеев А.А., Чуев А.В., Киселев А.А., Миронов А.А. Имитационная модель сети военной связи // Техника средств связи. 2019. № 3 (147). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-seti-voennoy-svyazi> (дата обращения: 27.05.2026).

5. Иванов М.С., Аганесов А.В., Макаренко С.И. Повышение пропускной способности объединенной воздушно-космической сети связи. Часть 1. Модели и методика повышения пропускной способности на основе использования Mesh-технологий // Системы управления, связи и безопасности. 2022. № 3.

GUBENKO Mikhail Alekseevich

Employee, Academy Federal Security Service of Russia, Russia, Oryol

*Scientific Advisor – Employee of the Academy Federal Security Service of Russia
Borisov Vladislav Sergeevich*

OPTIMIZATION OF ACTIONS OF COMMUNICATION UNITS DURING OPERATIONAL DEPLOYMENT IN THE ABSENCE OF ADVANCE PREPARATION

Abstract. This article presents an analysis of the problems of functioning of communication units in multifactor armed conflicts in the absence of advance preparation and time shortage for deployment. The main objective of the work is to overcome the methodological gap caused by insufficient adaptation of standard planning methods to operational deployment conditions. The study identified key factors reducing the effectiveness of communication organization, including insufficient mobility of traditional systems, high vulnerability to electronic warfare, and limited personnel training. Special attention is paid to the development of a methodology for optimizing the actions of communication units based on decentralization of information flows and the use of simulation modeling. A balanced conclusion is formulated: the integration of artificial intelligence-based automated systems and convergent approaches to building communication networks can significantly improve the stability and efficiency of command and control in a dynamically changing combat environment.

Keywords: communication units, operational deployment, multifactor armed conflict, electronic warfare, artificial intelligence, simulation modeling, convergent communication system, communication survivability.

ФИЗИКА

ГРИГОРЬЕВ Анатолий Николаевич

независимый исследователь, Россия, г. Новочеркасск

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РЕЛЯТИВИЗМ

Аннотация. В статье излагается новый подход к обоснованию специальной теории относительности. Показано, что все магнитные силы являются следствием закона Кулона и эффектов теории относительности. Из неё же следует, что во всех металлах реализуется электронно-дырочный механизм электропроводности. Так называемые электромагнитные волны, на самом деле являются чисто электрическими. Никаких «токов смещения» в вакууме не существует.

Ключевые слова: магнитное поле, СТО, электропроводность металлов, электромагнитные волны, уравнения Максвелла.

История

Были времена, когда электричество и магнетизм считались совершенно разными областями науки. Но пришел Эрстед и показал тесную связь между ними. Далее эстафету подхватили Ампер и Фарадей. Причем последний открыл важнейший для дальнейшего развития электродинамики закон электромагнитной индукции, что позволило Максвеллу написать систему уравнений, весьма похожую на уравнения гидродинамики, но описывающую электромагнитное поле.

Аналогия с гидродинамикой выглядела достаточно убедительно, поскольку передатчиком электромагнитных сил считался эфир – некая тончайшая среда, заполняющая собой все пространство и уравнения Максвелла, можно было трактовать как уравнения гидродинамики этой среды. Эфир считался неподвижным и не оказывающим никакого сопротивления движущимся сквозь него телам. Естественно, вскоре возникла идея определить скорость движения Земли относительно эфира.

За дело взялись Майкельсон и Морли, которые, с помощью прецизионного интерферометра попытались определить эту скорость. К удивлению физиков, она оказалась равной нулю. Было выдвинуто множество гипотез, призванных объяснить такой результат. Но все они оказывались ошибочными, предсказывая ненаблюдаемые явления. Более-менее успешной оказалась теория Лоренца утверждавшая,

что при движении в эфире размеры всех тел сокращаются в направлении движения, (впервые эту идею выдвинул Фитцджеральд), в том числе и плечи интерферометра Майкельсона-Морли, что и объясняло его нулевой результат. Более того, при подстановке преобразований координат и времени из этой теории в уравнения Максвелла, те сохраняли свою форму в новой системе отсчета.

Однако, в 1905 году появилась эйнштейновская теория относительности, в которой просто постулировалась одинаковая скорость света по всем направлениям во всех инерциальных системах отсчета. Из этого сразу же следовал отрицательный результат опыта Майкельсона-Морли. И хотя математика теорий Лоренца и Эйнштейна была одинаковой, в последней сокращения длин и замедления времени объяснялись не движением сквозь эфир, а свойствами пространства-времени. Из теории Лоренца следовало, как тогда думали, что эфир не обнаружим, а теория относительности, объяснив все несуразности свойствами пространства-времени, вообще сделала его излишней сущностью.

После 1905 года физика продолжала развиваться, появились общая теория относительности, квантовая механика, квантовая электродинамика и т. п., но мы в эти дебри лезть не будем, а ограничимся классической электродинамикой и специальной теорией относительности (СТО).

К этому времени был открыт электрон и опыты по отклонению пучков электронов (каналовых лучей) в магнитном поле показали, что с ростом скорости электронов отношение их заряда к массе уменьшается, что противоречило классической механике, но предсказывалось теориями Лоренца и Эйнштейна.

Позже были открыты и другие элементарные частицы, один из видов которых, мюезоны (мюоны), живущие в лабораторной системе 2,2 мкс, стал использоваться для иллюстрации лоренцевского замедления времени.

Как уже говорилось, Лоренц и его современники полагали, что из теории Лоренца следует необнаружимость эфира. Однако между теориями Лоренца и Эйнштейна, несмотря на совпадение их математического аппарата, была заметная разница. В формулы преобразования координат и времени в теории Лоренца входила v – скорость объекта наблюдения относительно эфира, а в теории Эйнштейна та же v означала скорость объекта наблюдения относительно наблюдателя. Эта разница открывала возможность измерить скорость лаборатории относительно эфира, при условии, что он существовал.

Если был прав Лоренц, то должна была наблюдаться анизотропия пробегов мюезонов в различных направлениях, что давало возможность определить вектор скорости движения лаборатории по отношению к эфиру. По своей сути это был все тот же опыт Майкельсона – Морли, но с объектами, движущимися с досветовыми скоростями. В самом же опыте Майкельсона – Морли в качестве объекта наблюдения использовался свет. Однако, как следовало из обеих теорий, сложение скорости света с любой другой скоростью давало опять же скорость света. Так что этот опыт не мог быть судьей в споре Лоренца и Эйнштейна.

Однако, сложение досветовой скорости мюонов со скоростью лаборатории относительно эфира, приводило к разным результатам в зависимости от того складывались или вычитались эти скорости. Из теории Эйнштейна, где всё определялось скоростью мюонов относительно лаборатории, никакой анизотропии не должно быть. И такой опыт с мюонами, показавший правоту Эйнштейна, в 1941 году был поставлен [1, с. 223].

Следует отметить, что появление теории относительности не привело к какому-либо

изменению представлений о природе электрического и магнитного полей. Сам Эйнштейн, в своей основополагающей работе 1905 года, просто применил преобразования Лоренца к электрическому и магнитному полю и получил формулы для преобразования этих полей из одной системы отсчёта в другую. Потом физики-теоретики объединили эти формулы в один тензор, назвали его тензором электромагнитного поля и объявили, что существует единое электромагнитное поле, хотя любой экспериментатор или инженер прекрасно различают электрическое и магнитное поля.

Парадоксы классической электродинамики

Они появились почти одновременно с появлением уравнений Максвелла.

Первый парадокс возникает при попытке применения уравнения Максвелла для $\text{rot } \mathbf{H}$ к движущемуся одиночному заряду. Рассмотрим некоторый контур L вокруг траектории такого заряда и две поверхности I и II , опирающиеся на этот контур (рис. 1):

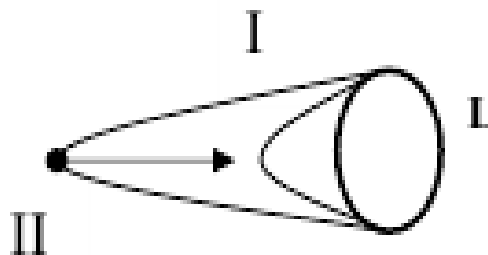


Рис. 1

Уравнение Максвелла для $\text{rot } \mathbf{H}$:

$$\text{rot } \mathbf{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \mathbf{j}.$$

Для вычисления магнитного поля вдоль контура L нам необходимо проинтегрировать левую и правую части этого уравнения. В соответствии с теоремой Стокса линейный интеграл от вектора \mathbf{H} по контуру L будет равен интегралу от $\text{rot } \mathbf{H}$ по поверхности опирающейся на контур L . В правой части уравнения стоит сумма двух слагаемых, первое учитывает изменение со временем электрического поля на некоторой поверхности, опирающейся на контур L (ток смещения), второе – ток заряженных частиц, текущий через эту же поверхность. На рисунке 1 одиночный заряд пересекает в данный момент времени поверхность II . Следовательно, для этой поверхности в правой части уравнения присутствуют оба слагаемых, поскольку на всей поверхности II происходит так

же и изменение электрического поля. С другой стороны, на поверхности I происходит только изменение электрического поля и второе слабое в правой части рассматриваемого уравнения отсутствует. А поскольку поверхность I может быть взята сколь угодно близкой к поверхности II, и изменения электрического поля на них будут практически одинаковыми, то мы приходим к двум значениям для $\text{rot } \mathbf{H}$ и величины самого \mathbf{H} .

Эта проблема обсуждается в [2, ч. I, с. 44], где автор на основании этого парадокса объясняет необходимость введения тока смещения, не замечая, что при движении заряда происходит изменение электрического поля и на той поверхности, которую в данный момент он пересекает.

С магнитным полем связана ещё одна неясность, носящая уже философский характер. Из уравнений Максвелла следует, что вокруг

всякого движущегося заряда существует магнитное поле. Причем, магнитное поле, это некий вид материи, существующий независимо от наблюдателя. Т. е. если наблюдатель видит движущийся электрический заряд, то вокруг него обязательно будет существовать магнитное поле. В то же время для другого наблюдателя, движущегося вместе с зарядом, и для которого он неподвижен, в той же области пространства никакой материи магнитного поля существовать не будет. Такое вот диалектическое противоречие.

Далее, из уравнений Максвелла следует, что должны существовать электромагнитные волны – изменяющиеся электрические поля должны порождать поля магнитные, а те, в свою очередь, опять электрические, как это обычно рисуют в учебниках по электродинамике (рис. 2):

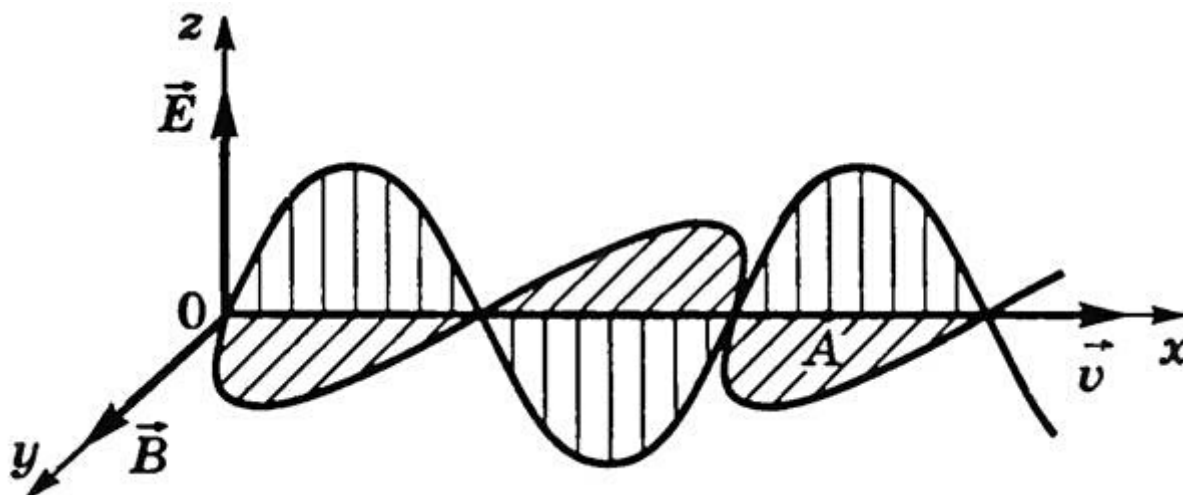


Рис. 2

Эти электромагнитные волны должны переносить энергию. Описывается этот процесс вектором Пойнтинга: $\mathbf{S} = \epsilon_0 c^2 \mathbf{E} \times \mathbf{B}$, где \mathbf{E} и \mathbf{B} – электрическое и магнитные поля.

Причём, как следует из уравнений Максвелла и изображено на рисунке 2, электрическое и магнитное поля в волне изменяются синфазно, т. е. обращаются в 0 одновременно. Куда девается в эти моменты энергия, переносимая волной, непонятно.

В классической электродинамике всегда была проблема с третьим законом Ньютона, в основном связанная магнитным полем. Он не выполнялся как для двух участков проводников с токами, так и для двух одиночных заряженных частиц (рис. 3):

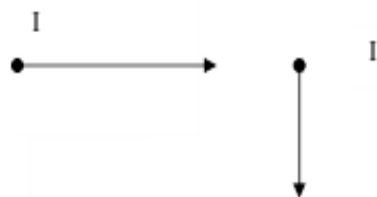


Рис. 3

Заряд I движется в магнитном поле заряда II и, соответственно, на него действует полная сила Лоренца. В то же время, на заряд II, в рассматриваемый момент времени, действует только электрическая сила, поскольку заряд I на линии своего движения магнитного поля не создает.

Суть специальной теории относительности

Злые языки говорят, что СТО на всей земле понимают не более 100 человек. Связано это, прежде всего, с огромным значением скорости света, определяющей малость и незаметность эффектов, описываемых СТО. Попробуем разобраться, что же открыли Лоренц, Пуанкаре и Эйнштейн. Хотя львиная доля почёта и славы досталась А. Эйнштейну. Сам Эйнштейн исходил из двух постулатов: а) что существует конечная скорость распространения электромагнитных взаимодействий, численно равная

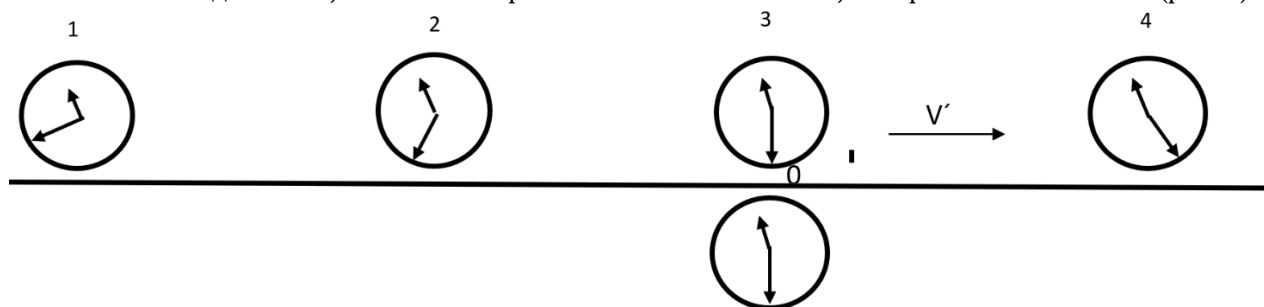


Рис. 4

На рисунке оси X системы синхронизированных часов и системы отсчёта неподвижного наблюдателя совпадают. В данный момент времени совпадают так же начала отсчёта координат x и x' , причём, в точке с координатой $x=0$ находится неподвижный наблюдатель, а в точке с координатой $x'=0$ находятся часы № 3 (т. е. в непосредственной близости от него). Показывают эти часы синхронное время t' , (на рис. 4 – 11 час. 30 мин.) как и все остальные синхронизированные часы выше оси X.

Так вот, из теории Лоренца вытекало, что в этот момент времени удалённые часы № 1, 2, 4, 5 для неподвижного наблюдателя, показывают время, изображённое на рисунке 4, в соответствии с формулой преобразования Лоренца для времени:

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (1)$$

t' – время в движущейся системе отсчёта, t и x – время и координата в неподвижной системе отсчёта

Обратим особое внимание на подчёркнутые слова «для неподвижного наблюдателя». Для другого наблюдателя, движущегося с какой-то скоростью U относительно этого наблюдателя, и тоже поравнявшегося с ним в данный момент времени, показания часов № 1, 2, 4, 5 будут иными, поскольку скорость относительного движения часов входит в формулу Лоренца.

скорости света в пустоте; б) все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчёта.

Мы попробуем обойтись одним, вытекающим из тех знаний, которые были накоплены физиками к 1905 году, посмотрев на них с другой точки зрения. Рассмотрим ряд синхронизированных между собою часов, расставленных вдоль оси X некоторой системы отсчёта, которая движется вправо со скоростью V' мимо неподвижного наблюдателя, часы которого, в данный момент времени синхронизированы с часами № 3, изображены ниже оси X (рис. 4):

Если этот другой наблюдатель будет двигаться вправо и с большей скоростью чем V' , то для него часы № 4 и 5 будут спешить, а часы № 1 и 2 – наоборот, отставать. Люди не могут понять, как это одни и те же часы могут одновременно отставать и спешить относительно данных часов. Вся собака зарыта в словах «для него» и неважно, что там реально будут показывать стрелки часов выше оси X. (Реально их показания будут совпадать с положением стрелок на часах № 3 поскольку они синхронизированы с ними и неподвижны по отношению к ним).

Более того, движущиеся часы будут находиться, для неподвижного наблюдателя, в тех местах, где они должны быть в процессе движения, в показываемое ими время, подобно автобусу, едущему по расписанию, по часам водителя. Как раз из этого факта и получается сокращение расстояний между часами или любыми другими физическими телами в движущейся системе отсчёта для неподвижного наблюдателя.

Во все физические формулы мы должны подставлять именно время, получающееся из формулы (1). То, что нарисовано на рис. 4 и описывается формулой Лоренца является объективным законом природы. Мы, в обыденной жизни, не замечаем его проявления из-за огромной величины скорости света входящей в формулу (1). Если бы скорость света была существенно поменьше, то, установив время по

станционным часам одной железнодорожной станции, по приезде на другую мы бы обнаруживали, что наши часы заметно отстали. Это было бы обычным и привычным явлением. Хотя, по большому счёту, мы никогда не наблюдаем и проявления, например, первого закона Ньютона – все движущиеся тела, к которым не приложена поддерживающая движение сила, рано или поздно останавливаются из-за вездесущего трения. Формулу (1), нужно просто принять как истину, полученную из ряда физических экспериментов, на «кончике пера».

Основы СТО

Формула (1) определяет показания движущегося ряда часов для неподвижного наблюдателя. Поскольку системы отсчёта равноправны, мы можем написать аналогичную формулу и для наблюдателя, находящегося возле часов 3. Для него показания часов в неподвижной системе отсчёта будут описываться формулой:

$$t = \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (2)$$

t – это показания ряда часов, расположенных ниже оси X (на рис. 4 изображены только одни часы из этого ряда), для наблюдателя, находящегося возле часов № 3. Они движутся в противоположном направлении с той же скоростью v , поэтому она меняет знак.

Подставим полученное t в формулу (1):

$$t' = \frac{\frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Откуда:

$$t' \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = t' + \frac{vx'}{c^2} - \frac{vx}{c^2} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \text{ и } x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (3)$$

Это преобразование для координаты x . Действуя аналогично преобразованию для t , получим:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (4)$$

Поскольку движение происходит только вдоль оси X , мы можем написать:

$$y = y'; \quad z = z', \quad (5)$$

Формулы (1), (3), (5) носят название формул преобразования Лоренца. На их основе построена вся теория относительности.

Она описана во множестве книг, как научно-популярных, так серьёзных научных трудов.

Из формул преобразования для координат t и x получаются формулы преобразования интервалов времени и длины отрезков:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (6)$$

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad (7)$$

Где Δt_0 и L_0 собственные интервалы времени и отрезки длины в движущейся системе отсчёта (т. е. измеряемые неподвижными относительно движущегося наблюдателя часами и линейками).

В связи с последней формулой в СТО существует одна туманность. Речь идёт о старом парадоксе шеста и сарая. Пожалуй, наиболее наглядно он описан в [3], где бегун с 20-метровым шестом бежит через 10-метровый сарай. В книге доказано, что из-за разницы в показаниях часов на концах шеста бегун таки пробежит через сарай несмотря на его открывающиеся и закрывающиеся двери. Однако, изменим задачу. Пусть все двери сарая будут постоянно открыты, а в сарае находится наблюдатель, у которого есть инструкция: как только шест полностью окажется в сарае поставить на него метку, например, краской. С другой стороны, бегун тоже имеет инструкцию: проследить, чтобы наблюдатель в сарае в точности исполнил своё задание, т. е. поставил метку только в том случае, если шест полностью окажется в сарае. Выясняется, что в рамках СТО невозможно ответить на вопрос – будет ли метка на шесте после окончания всего опыта.

Сейчас преобразования Лоренца трактуются не просто как преобразования координат и времени, а считается, что преобразуются само пространство и время (математически это можно трактовать как повороты в четырёхмерном пространстве-времени). Дальнейшее развитие этой мысли привело А. Эйнштейна к представлению об искривлённом пространстве, которое, вместе с постулатом о постоянстве скорости света, легло в основу общей теории относительности, из которой следует, что Земля, обращаясь вокруг Солнца, всё время летит по прямой в искривлённом Солнцем пространстве. Из сокращения пространства следует, что и формулы для электрического поля в разных инерциальных системах отсчёта, движущихся друг относительно друга, будут отличаться. Вывод формул для преобразования электрического поля одиночного движущегося заряда приведён в [4].

$$\mathbf{E} = \frac{e\mathbf{R}}{R^3} \frac{1 - \frac{v^2}{c^2}}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2} \sin^2 \theta\right)^{3/2}}, \quad (8)$$

Где θ – угол между направлением \mathbf{v} и радиус-вектором, проведённым от заряда в данную точку пространства (\mathbf{R}).

Это релятивистский закон Кулона, ниже мы будем часто использовать эту формулу. А тот закон Кулона, что учат в школе – его частный случай, для $v = 0$.

Из формул преобразований Лоренца можно легко получить формулы преобразования компонент скорости тела из одной системы в другую:

$$u_x = \frac{dx}{dy} = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{u'_x v}{c^2}};$$

$$u_y = \frac{dy}{dt} = \frac{u'_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{u'_x v}{c^2}};$$

$$F_x = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \frac{d(mv_x)}{dt}; F_y = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \frac{d(mv_y)}{dt}; F_z = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \frac{d(mv_z)}{dt}, \quad (9)$$

Магнитное поле

Мысль о том, что магнитное поле это – не какое-то материальное образование, а релятивистский эффект появилась давно. Уже через 7 лет после появления теории относительности Ли Пейдж [5] вывел магнитные силы из закона Кулона и принципов теории относительности. В современных учебниках о том же можно почитать у Фейнмана, в его лекциях [6, с. 26-266]

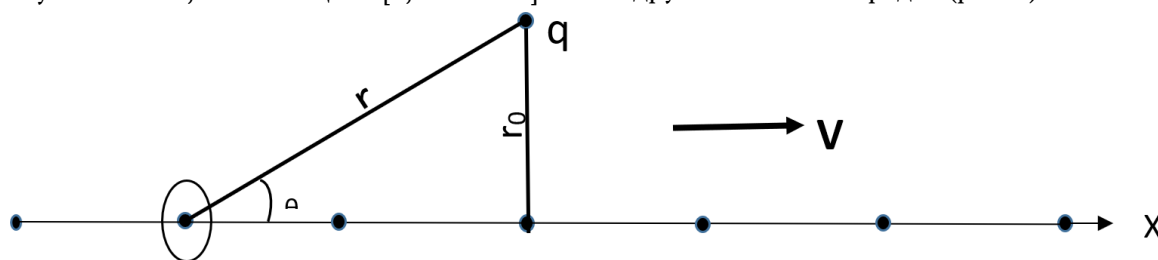


Рис. 5

r – расстояние от одного из зарядов цепочки до пробного заряда,

r_0 – расстояние от пробного заряда до цепочки,

θ – угол между осью X и направлением на пробный заряд в данной точке оси X.

Пусть, в простейшем случае, всё неподвижно относительно наблюдателя, $V=0$ и эллипс, изображающий линии равной напряжённости электрического поля, будет просто окружностью. Вычислим силу, действующую на пробный заряд q , находящийся на расстоянии r_0 от цепочки зарядов. Эта задача, электрическое поле линейного заряда, решена во множестве учебников, и здесь мы просто проверим на этом примере нашу методику расчёта.

Обозначим λ – линейную плотность зарядов в цепочке. Тогда элементарный заряд будет: $dq = \lambda dx$. Электрическое поле от него: $dE = dq/r^2$.

$$u_z = \frac{dz}{dt} = \frac{u'_z \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{u'_x v}{c^2}}.$$

Формула для u_x показывает, что если мы наблюдаем из нашей неподвижной системы K распространение света вдоль оси X' движущейся мимо нас со скоростью v системы K' , то его скорость равна: $u = \frac{c+v}{1 + \frac{cv}{c^2}} = c$.

Т. е. при сложении скорости света с любой другой скоростью v всё равно получается скорость света, что является первым постулатом в теории Эйнштейна.

В дальнейшем нам понадобятся формулы преобразования сил при переходе из одной системы в другую:

хотя сам Фейнман в одной своей лекции называет магнитное поле релятивистским эффектом, в другой, объяснив механизм его появления, считает, что это одна из сторон единого электромагнитного поля. Мы начнём наше рассмотрение с простейших задач такого рода. Рассмотрим пробный электрический заряд, находящийся вблизи бесконечной цепочки других таких же зарядов (рис. 5):

Его компонента перпендикулярная цепочке:

$$dE_{\perp} = \frac{\sin \theta}{r^2} dq. \text{ И поле перпендикулярное цепочке: } E_{\perp} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \theta}{r^2} \lambda dx.$$

Перейдём к интегрированию по θ . Из рисунка 5: $\sin \theta = r_0/r$; $\operatorname{ctg} \theta = x/r_0$; $dx/d\theta = -r_0/\sin^2 \theta$; $dx = -r_0 d\theta / \sin^2 \theta$.

Тогда:

$$E_{\perp} = -\frac{\lambda}{r_0} \int_{\pi}^0 \sin \theta d\theta = \frac{2\lambda}{r_0}, \quad (10)$$

$E_{\parallel} = 0$ из соображений симметрии.

Как и у Парселла [7, с. 45]. Откуда сила, действующая на пробный заряд q в его собственной системе отсчёта, равна:

$$F = 2q\lambda/r_0, \quad (11)$$

А поскольку всё неподвижно, это чисто электростатическая сила.

А теперь рассмотрим систему зарядов, изображённую на рисунке 5, из системы отсчёта движущейся относительно неё влево со

скоростью v , параллельной оси X . В ней вся система зарядов будет двигаться вправо с той же скоростью. Величина заряда q и расстояние от него до цепочки r_0 не изменятся. Но расстояния между зарядами цепочки сократятся в соответствии с формулой (7), из-за чего линейная плотность электрического заряда возрастет:

$\lambda' = \lambda \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Изменяются и электрические

$$E'_\perp = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \sin \theta}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2} \sin^2 \theta\right)^{3/2}} \frac{\lambda dx}{r^2} = -\frac{\lambda}{r_0} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \int_{\pi}^0 \frac{\sin \theta d\theta}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2} \sin^2 \theta\right)^{3/2}}.$$

Мы перешли к интегрированию по θ , используя те же преобразования, что и при получении формулы (10). Заменим переменную $s = \cos \theta$. $ds = -\sin \theta d\theta$. Обозначим $\beta = v/c$; $a^2 = 1 - \beta^2$. Тогда всё сведётся к табличному интегралу 200.03 в [9]:

$$E'_\perp = \frac{\lambda}{\beta r_0} a^2 \int_1^{-1} \frac{d(\beta s)}{(a^2 + \beta^2 s^2)^{3/2}} = \frac{2\lambda}{r_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (12)$$

И сила, действующая на пробный заряд, будет равна:

$$F' = qE' = \frac{2q\lambda}{r_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2q\lambda\gamma}{r_0}; \gamma = 1/\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad (13)$$

Сравнивая её с (11), видим, что $F' = \gamma F$. А если учесть, что при переходе в другую систему отсчёта сила должна пересчитываться мы убедимся, что это одна и та же сила.

Отметим ещё одну особенность наших вычислений – в обоих случаях, и при выводе формулы (10), и при выводе формулы (12) определённый интеграл был равен 2. Это говорит о том, что «сплющивание» электрического поля движущегося заряда никак не влияет на суммарное электрическое поле всей цепочки. Его усиление в γ раз происходит исключительно из-за увеличения плотности электрических зарядов в цепочке.

Однако, в классической электродинамике, во втором случае, движущаяся вдоль оси X , цепочка зарядов представляет собой электрический ток, вокруг которого будет существовать магнитное поле. А пробный заряд будет двигаться в этом поле и, следовательно, на него будет действовать ещё и сила со стороны магнитного поля.

Полная сила, действующая на заряд, называется силой Лоренца и равна (в СГС): $F = q \left(E + \frac{v \times B}{c} \right)$.

Где B – индукция магнитного поля.

В нашем случае:

$$B = \frac{1}{c} \frac{2I}{r_0} = \frac{1}{c} \frac{2\lambda v}{r_0}; I = \lambda v.$$

Тогда полная сила Лоренца:

$$F = q \left(\frac{2\lambda}{r_0} + \frac{v^2}{c^2} \frac{2\lambda}{r_0} \right) = \frac{2\lambda q}{r_0} \left(1 + \frac{v^2}{c^2} \right), \quad (14)$$

поля этих зарядов, они будут описываться формулой (8). Поле одного элементарного заряда, перпендикулярное цепочке:

$$dE'_\perp = \frac{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \sin \theta}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2} \sin^2 \theta\right)^{3/2}} \frac{dq}{r^2}.$$

А поле всей цепочки зарядов:

То есть, если мы будем рассматривать конструкцию, изображённую на рисунке 5, из движущейся относительно её системы отсчёта, то наряду с электростатической силой, действующей на пробный заряд, будет действовать и ещё одна сила, зависящая от скорости этой системы и которая называется магнитной силой. А, поскольку в классической электродинамике никаких пересчётов сил при переходе из одной системы отсчёта в другую не предусмотрено, то получается, что полная сила, действующая на пробный заряд, зависит от скорости движения наблюдателя относительно цепочки и пробного заряда.

Напротив, в СТО хотя в разных системах отсчёта и получаются разные силы взаимодействия между пробным зарядом и цепочкой, их пересчёт в их собственную систему отсчёта даёт один и тот же результат – силу электростатического взаимодействия неподвижного пробного заряда с неподвижной цепочкой зарядов, которая в данном случае, имеет минимальное значение. При рассмотрении из других, движущихся систем отсчёта, сила увеличивается в γ раз. Причём, случай неподвижных пробного заряда и цепочки не выпадает из общего рассмотрения поскольку в этом случае $\gamma = 1$.

Мы, используя рисунок 5, рассмотрели случай, когда пробный заряд неподвижен относительно цепочки зарядов, создающих электрическое поле. При рассмотрении пробного заряда, движущегося относительно цепочки, параллельно ей, никаких новых проблем не возникает. Нужно просто перейти в систему отсчёта пробного заряда. В ней цепочка зарядов будет двигаться, испытывая при этом лоренцево сокращение, её электрическое поле усилится и, соответственно, увеличится сила взаимодействия между пробным зарядом и цепочкой. Расчёт этой силы будет совершенно аналогичен рассмотрению ситуации, изображённой на рисунке 5 из движущейся системы отсчёта.

Обозначим:

$v_{пр.з.}$ – скорость пробного заряда (q на рис. 5) в лабораторной (неподвижной) системе отсчёта;

$v_{т.з.}$ – скорость токового заряда из цепочки в той же системе отсчёта.

Переходим в систему отсчёта пробного заряда. В ней лабораторная система отсчёта движется со скоростью $v_{пр.з.}$ взятой с противоположным знаком. А скорость зарядов цепочки (токовых зарядов) в ней же должна

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \frac{(v_{т.з.} - v_{пр.з.})^2}{c^2}}} = \frac{\lambda(c^2 - v_{т.з.}v_{пр.з.})}{\sqrt{(c^2 - v_{т.з.}^2)(c^2 - v_{пр.з.}^2)}} \left(1 - \frac{v_{т.з.}v_{пр.з.}}{c^2}\right) = \lambda\gamma_{т.з.}\gamma_{пр.з.} \left(1 - \frac{v_{т.з.}v_{пр.з.}}{c^2}\right), \quad (15)$$

$$\text{Где: } \gamma_{т.з.} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{т.з.}^2}{c^2}}}; \gamma_{пр.з.} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{пр.з.}^2}{c^2}}}.$$

Это важная формула, позволяющая по известной линейной плотности зарядов, скорости движения зарядов цепочки и скорости движения пробного заряда в лабораторной системе отсчёта вычислить плотность зарядов в движущейся цепочке в системе отсчёта пробного заряда. Зная её, легко вычислить по формуле (10) электрическое поле в месте расположения пробного заряда:

$$E'_{\perp} = \frac{2\lambda'}{r_0} = \frac{2\lambda}{r_0} \gamma_{пр.з.}\gamma_{т.з.} \left(1 - \frac{v_{т.з.}v_{пр.з.}}{c^2}\right), \quad (16)$$

А также силу, действующую на пробный заряд, со стороны цепочки движущихся зарядов:

$$F'_{\perp} = \frac{2\lambda q}{r_0} \gamma_{пр.з.}\gamma_{т.з.} \left(1 - \frac{v_{т.з.}v_{пр.з.}}{c^2}\right), \quad (17)$$

В лабораторной системе эта сила будет равна:

$$F_{\perp} = \frac{2\lambda q}{r_0} \gamma_{т.з.} \left(1 - \frac{v_{т.з.}v_{пр.з.}}{c^2}\right), \quad (18)$$

вычисляться по формуле сложения скоростей:

$$w' = \frac{v_{т.з.} - v_{пр.з.}}{1 - \frac{v_{т.з.}v_{пр.з.}}{c^2}}.$$

Здесь $(-v_{пр.з.})$ скорость лабораторной системы отсчёта в системе отсчёта пробного заряда. Линейная плотность зарядов в движущейся системе отсчёта равна $\lambda/\lambda' = \lambda\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. В

нашем случае она равна $\lambda/\lambda' = \lambda\sqrt{1 - \frac{w^2}{c^2}}$. Или:

Интересно рассмотреть несколько частных случаев применения формулы (16). Допустим $v_{пр.з.} = v_{т.з.} = 0$. Это соответствует неподвижным, в лабораторной системе, цепочке зарядов и пробному заряду рассмотренным в самом начале этого раздела. При этом обе γ и скобка равны 1 и: $E'_{\perp} = \frac{2\lambda}{r_0}$.

Что соответствует полученному выше результату.

Другой интересный случай: $v_{пр.з.} = v_{т.з.} = v$. При этом обе γ и скобка взаимно сокращаются и E'_{\perp} равно тому же значению. Это соответствует, описанному выше рассмотрению конструкции рисунка 5 из движущейся системы отсчёта.

Мы рассмотрели взаимодействие параллельно движущихся цепочки зарядов и пробного заряда. А теперь рассмотрим случай, когда пробный заряд движется перпендикулярно к движущейся вдоль своей оси, цепочке зарядов.

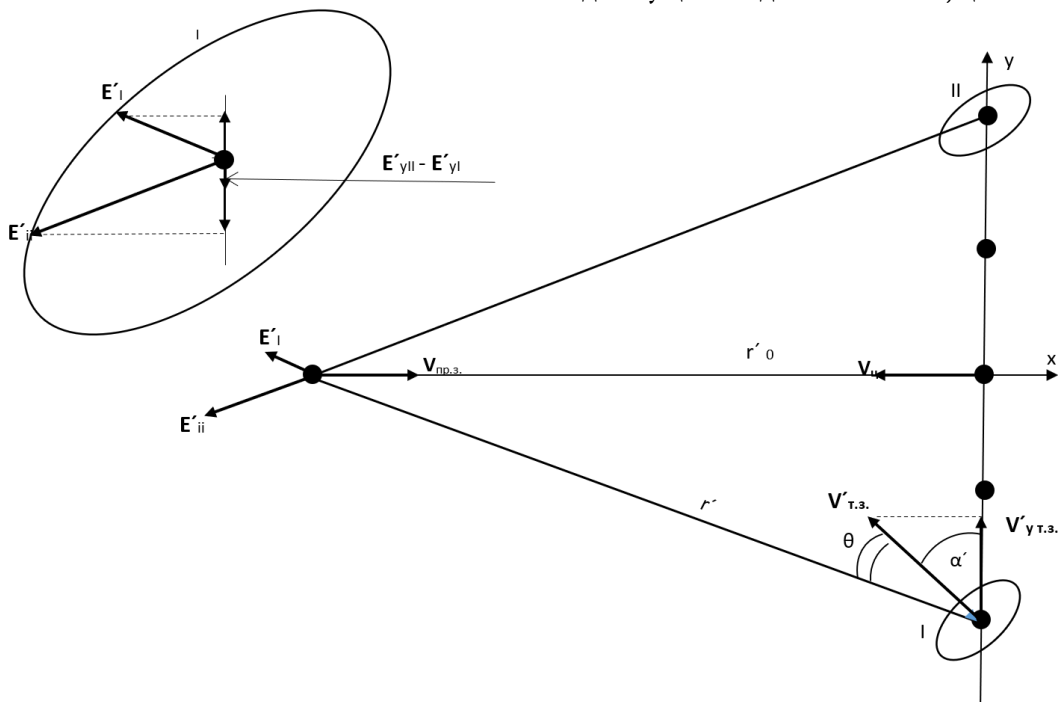


Рис. 6

На рисунке 6 изображена цепочка зарядов, движущаяся снизу вверх по оси Y, со скоростью $v_{м.з.}$. Перпендикулярно ей, по оси X, со скоростью $v_{пр.з.}$ движется пробный заряд. В системе отсчета, связанной с ним, заряды, образующие цепочку, будут двигаться со скоростью $v'_{м.з.}$ под углом α' к оси Y, а линии равной напряженности электрических полей токовых зарядов, приобретут форму эллипсов в соответствии с формулой (8). В левой верхней части рисунка, в увеличенном масштабе, изображены векторы электрического поля двух симметрично расположенных токовых зарядов в точке расположения пробного заряда. Их проекции на ось Y обозначены через E'_{yI} и E'_{yII} . Поскольку в рассматриваемой системе отсчета эти векторы не равны, то будут неравными и их проекции на ось Y. Их разность, обозначенная как $E'_{yII} - E'_{yI}$, приведет после перехода к непрерывному распределению зарядов и интегрирования по всем зарядам цепочки к появлению боковой силы действующей на пробный заряд. Это качественное объяснение появления перпендикулярных к направлению движения заряда сил приведено у Парселла [7, с. 190].

Однако, мы пойдём дальше и попытаемся получить формулы, аналогичные тем, что получены для заряда и цепочки, движущихся параллельно друг другу.

Начнём, как и ранее, с релятивистского закона Кулона, формулы (8). Поле одного заряда из цепочки на рисунке 6 в лабораторной системе будет:

$$dE = \frac{\lambda}{r^2} \frac{1 - \beta_{т.з.}^2}{(1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} dy;$$

$$\beta_{т.з.} = \frac{v_{т.з.}}{c};$$

$$E'_y = \frac{\lambda(1 - \beta_{т.з.}^2)}{r_0} \left[\sin \alpha' \int_{-\alpha'}^{\pi - \alpha'} \frac{\sin \theta d\theta}{(1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} + \cos \alpha' \int_{-\alpha'}^{\pi - \alpha'} \frac{\cos \theta d\theta}{(1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} \right] = \frac{2\lambda\beta_{т.з.}^2 \sin \alpha' \cos \alpha'}{r_0 \sqrt{1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \alpha'}}, \quad (19)$$

Для вычисления интегралы подстановками $s = \sin \theta$ и $s = \cos \theta$ сведены к табличным интегралам 320.03 и 200.03 в [8].

Мы выразили E'_y через величины системы отчёта пробного заряда. Однако, для сравнения с результатами классической электродинамики, нам необходимо выразить всё через величины лабораторной системы отсчёта.

$$r_0 \sqrt{1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \alpha'} = r_0 \sqrt{1 - \frac{v_{т.з.}^2}{c^2} \sin^2 \alpha'} = r_0 \sqrt{1 - \frac{v_{пр.з.}^2}{c^2}} = r_0 \left(1 - \frac{v_{пр.з.}^2}{c^2}\right).$$

Подставив всё в формулу для E'_y , получим:

$$E'_y = \frac{2\lambda}{r_0} \gamma_{пр.з.} \frac{v_{пр.з.} v_{т.з.}}{c^2}, \quad (20)$$

Сравнивая последнюю формулу с формулой (16) для параллельно движущихся пробного заряда и цепочки, мы видим отсутствие

θ – угол между осью Y и направлением в данную точку поля.

А теперь перейдём в систему отсчёта пробного заряда. В ней пробный заряд будет неподвижным, а вся цепочка токовых зарядов будет двигаться влево со скоростью $v_{ц.} = -v_{пр.з.}$ вследствие чего вектор скорости токовых зарядов будет направлен под углом α' к оси Y. Кроме того, изменится расстояние от пробного заряда до цепочки токовых зарядов r_0 , и расстояние r – от данного заряда до пробного заряда (лоренцево сокращение), скорость токовых зарядов (из-за замедления времени в движущейся системе отсчёта). r'_0 , r' , $v'_{м.з.}$ – значения этих величин в системе отсчёта пробного заряда. Плотность зарядов в цепочке не изменится, поскольку по координате Y лоренцева сокращения нет. Поле одного токового заряда в этой системе будет:

$$dE' = \frac{\lambda}{r'^2} \frac{1 - \beta_{т.з.}^2}{(1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} dy;$$

$$\beta'_{т.з.} = \frac{v'_{т.з.}}{c};$$

Где θ – угол между вектором $v'_{м.з.}$ и направлением в данную точку. Проекция этого поля на ось Y: $dE' = \frac{\lambda}{r'^2} \frac{(1 - \beta_{т.з.}^2) \cos(\alpha' + \theta)}{(1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} dy$.

Просуммировав поле от всех зарядов цепочки, мы получим Y-составляющую электрического поля, создаваемого цепочкой в месте расположения пробного заряда, в его системе отсчёта $E'_y = \lambda(1 - \beta_{т.з.}^2) \int_{-\alpha'}^{\pi - \alpha'} \frac{\cos(\alpha' + \theta)}{r'^2 (1 - \beta_{т.з.}^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} dy$.

Нам необходимо перейти от интегрирования по y к интегрированию по θ .

Из рисунка 6: $y = r'_0 \sin \alpha'$; $y = r'_0 \sin(\alpha' + \theta)$; $dy = r'_0 \cos \alpha' d\alpha'$; $r'_0 = r_0 \sqrt{1 - \beta_{пр.з.}^2}$; $\beta_{пр.з.} = v_{пр.з.}/c$; $r'^2 = r_0^2 / \sin^2(\alpha' + \theta)$. Отметим, что $\alpha' = const$.

λ – одинакова в обеих системах отсчёта; $\beta'_{т.з.} = v'_{т.з.}/c$; $\sin \alpha' = v_{пр.з.}/v'_{т.з.}$; $\cos \alpha' = v'_{т.з.}/v'_{т.з.}$, где $v'_{т.з.}$ – Y-компонента $v'_{т.з.}$, – всё из рисунка 6, $v'_{т.з.} = v_{т.з.} \sqrt{1 - \frac{v_{пр.з.}^2}{c^2}}$ – из формулы преобразования скоростей для $u_x = 0$. Знаменатель формулы для E'_y :

множителя $\gamma_{т.з.}$, что неудивительно, поскольку при движении зарядов по оси Y нет лоренцева сокращения и этот множитель равен 1. И второе отличие – нет разности в скобках. Объясняется это тем, что формула (16) описывает

полное поле, действующее на пробный заряд, электростатическое плюс дополнительное, возникающее вследствие релятивистских эффектов. В то же время формула (19) описывает только релятивистское поле, возникающее из-за «сплющивания» электрических полей токовых зарядов. Фактически это одна и та же формула или формула (19) – частный случай формулы (16).

Боковая сила, действующая на пробный заряд равна: $F_y' = qE_y' = q \frac{2\lambda}{r_0} \gamma_{\text{пр.з.}} \frac{v_{\text{пр.з.}} v_{\text{т.з.}}}{c^2}$.

Та же сила в лабораторной системе отсчёта:

$$F_y = q \frac{2\lambda}{r_0} \frac{v_{\text{пр.з.}} v_{\text{т.з.}}}{c^2}, \quad (21)$$

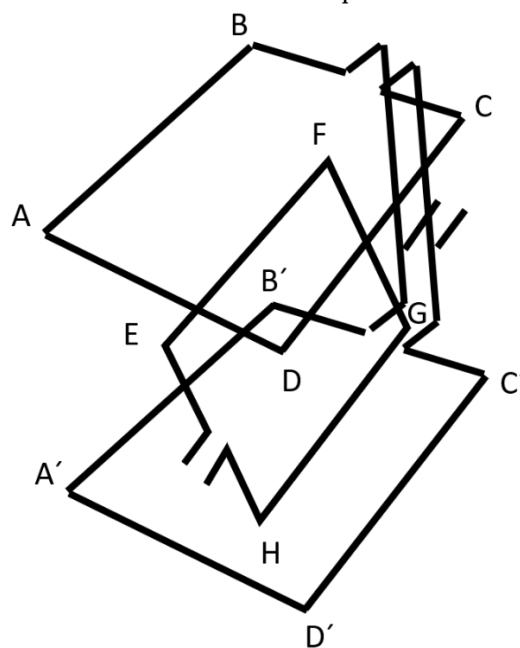


Рис. 7

При вращении этой рамки её проводники EF и GH вместе с находящимися в них электрическими зарядами, то приближаются, то удаляются от движущихся цепочек зарядов в проводниках AB, CD и A'B', C'D'. В соответствии с формулой (21) на заряды во вращающейся рамке будет действовать боковая сила, они начнут двигаться, образуя электрический ток, который, с помощью коллекторов может быть выведен и использован в практических целях. Конечно, рисунок 7 только иллюстрирует идею электрогенератора, реальные устройства куда сложнее – рамки состоят из тысяч витков провода, в них вставлены ферромагнитные сердечники (мы к ним ещё вернёмся), ток пропускают по вращающейся рамке (ротору), а выработанное электричество снимают с неподвижных катушек (статора) и т. п.

Магнитное поле проводника с током

Пока что мы рассматривали взаимодействие одиночного пробного электрического заряда с цепочкой других зарядов, движущейся

Магнитная сила в классической электродинамике: $F_m = \frac{q}{c} [v_{\text{пр.з.}} \times B]$.

$B = \frac{2I}{cr_0} = \frac{2\lambda v_{\text{т.з.}}}{cr_0}$ так как $I = \lambda v_{\text{т.з.}}$. Откуда величина магнитной силы:

$$F_m = \frac{2q\lambda v_{\text{пр.з.}} v_{\text{т.з.}}}{r_0 c^2} \text{ что полностью совпадает с } F_y.$$

На рисунке 7 изображена конструкция из 3-х металлических рамок, одна из которых EFGH помещена между двумя другими ABCD и A'B'C'D'. Причём по последним двум рамкам пропускают электрический ток, что обеспечивает появление в них движущихся цепочек зарядов. А третья рамка может вращаться вокруг горизонтальной оси.

вдоль своей оси. Однако, в нашей повседневной жизни куда чаще приходится встречаться с электрическими зарядами, движущимися внутри металлических проводников. Казалось бы, чего проще – рассмотреть две цепочки электрических зарядов: одну составленную из движущихся электронов, другую – из неподвижных зарядов ионного остова кристаллической решетки металла. И сложить результаты взаимодействия пробного заряда с этими цепочками. Именно так и поступает Р. Фейнман в своих Лекциях [6, с. 266].

Однако, более внимательное изучение задачи, показывает несостоятельность такого подхода. Рассмотрим неподвижный электрический провод пока без тока в нём и расположим рядом с ним так же неподвижный пробный электрический заряд. В проводе число электронов равно числу ионов, он электрически нейтрален и пробный заряд с ним не взаимодействует.

А теперь включим ток в проводе. Электроны в нём придут в движение, расстояния между ними для пробного заряда уменьшатся, их плотность увеличится и между проводом, получившим отрицательный заряд и пробным зарядом должно появиться взаимодействие.

Но эксперимент ничего подобного не показывает, провод как был нейтральным, так таким же и остаётся, что Фейнман использует в своих дальнейших рассуждениях. Т. е., если следовать теории электронного газа в металлах – СТО предсказывает несуществующий эффект.

А если копнуть поглубже, ситуация оказывается ещё хуже.

В квантовой теории электроны относятся к фермионам, т. е. подчиняются статистике Ферми-Дирака в основе которой лежит принцип Паули, запрещающий, в пределах одной системы, нахождение двух частиц в одинаковом квантовом состоянии. А поскольку энергия является одним из квантовых чисел, то энергетические уровни в металле должны заполняться электронами последовательно вплоть до энергии Ферми. В результате, электроны с этой энергией, должны иметь скорость порядка 10^6 м/сек даже при абсолютном нуле температуры [9, с. 26].

Получается, что вследствие лоренцева сокращения расстояний между пробным зарядом и электронами в металле, любой кусок металла должен иметь огромный отрицательный заряд.

Всё изложенное указывает на то, что никакого электронного газа в металлах не существует. В любой бесконечно малый отрезок времени каждый электрон «приписан» к какому-то определённому атому, однако очень слабо с ним связан и может легко перескочить к

соседнему. При этом нейтральный ранее атом превратится в положительный ион. Иными словами, во всех металлах, а не только в полупроводниках, реализуется электронно-дырочный механизм проводимости, при котором навстречу электронному току движется равный ему поток дырок. Этот же механизм работает при любом движении электронов, включая тепловое.

В таком случае, движущиеся в металле электроны действительно создают вокруг куска металла, за счёт лоренцева сокращения, мощное электростатическое поле отрицательного заряда, которое точно компенсируется положительным полем дырок, возникающим за счёт того же эффекта.

В связи с этим возникает интересный вопрос: электроны – вполне реальные физические тела и возможность применения к ним принципов теории относительности сомнений не вызывает. Но дырки физическими телами вовсе не являются, это всего лишь пустые места в неподвижных атомах (в пренебрежении их тепловым движением). Движение дырок напоминает движение героя по киноэкрану, на котором происходит быстрая смена неподвижных теневых изображений, а зритель видит плавное движение. Аналогично и в куске металла – электроны быстро перескакивают от атома к атому, а пробный заряд «видит» плавное движение положительного заряда дырок, вполне вписывающееся в принципы теории относительности.

Таким образом, всякий электрический ток в металле состоит из двух встречных потоков – электронов и равного ему потока дырок. Такая ситуация подробно рассмотрена в [7, с. 180], откуда и взят рисунок ниже:

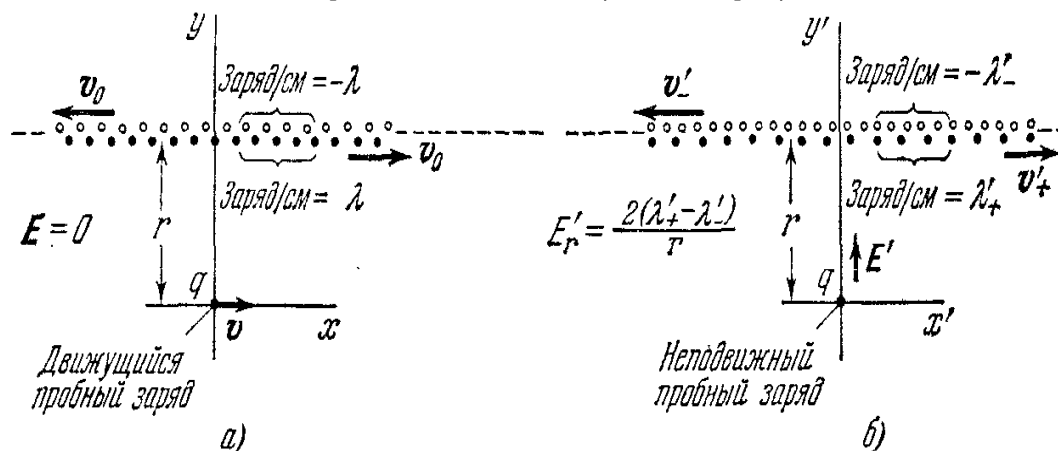


Рис. 8. Движущиеся вдоль линии положительные и отрицательные заряды, наблюдаемые из двух разных систем отсчета. а) отрицательные заряды (светлые кружки) движутся влево, а положительные (черные кружки) – вправо с равными скоростями в лабораторной системе. Полости в этой системе одинаковы, однако, как видно из б), в системе, связанной с частицей, где пробный заряд неподвижен, линейные плотности заряда различны

Применительно к данной статье, белые кружки – электроны, чёрные – дырки. Далее, следуя Парселлу, получим для их скоростей в системе отсчёта пробного заряда:

$$v'_+ = \frac{v_0 - v}{1 - \frac{v_0 v}{c^2}};$$

$$v'_- = \frac{v_0 + v}{1 + \frac{v_0 v}{c^2}} \cdot \gamma_+.$$

Введя обозначения β и γ , как и ранее, получим для плотностей электрических зарядов: $\lambda'_+ = \gamma_+ \left(\frac{\lambda}{\gamma_0} \right); \lambda'_- = \gamma_- \left(\frac{\lambda}{\gamma_0} \right).$

Их разность в системе отсчёта пробного заряда:

$$\lambda'_+ - \lambda'_- = \frac{\lambda}{\gamma_0} (\gamma_+ - \gamma_-),$$

$$\gamma_+ - \gamma_- = \frac{-2\beta\beta_0}{\sqrt{(1-\beta)(1-\beta_0)}} = -2\beta\beta_0\gamma\gamma_0.$$

Присмотревшись, нетрудно заметить, что эта формула очень похожа на полученную нами ранее формулу (15), её часть, описывающую «магнитную составляющую» полного взаимодействия пробного заряда с цепочкой зарядов, образующих ток. Множитель 2 появляется из-за того, что в данном случае рассматривается взаимодействие сразу с 2 цепочками. Далее: $\lambda'_+ - \lambda'_- = -2\lambda\beta_0\beta\gamma = -\frac{2\lambda\gamma v v_0}{c^2}.$

Радиальное электрическое поле в системе отсчёта пробного заряда: $E'_r = \frac{2(\lambda'_+ - \lambda'_-)}{r} = -\frac{4\lambda\gamma v v_0}{c^2}.$

Сила, действующая на пробный заряд в его системе (для нас): $F'_y = -\frac{4q\lambda\gamma v v_0}{rc^2}.$

Та же сила в лабораторной системе отсчёта: $F_y = \frac{4q\lambda v v_0}{rc^2}.$

Учитывая, что ток в нашей проволоке равен $I = 2\lambda v_0$, получим для силы взаимодействия заряда с током: $F = \frac{2qvI}{rc^2}.$

А если обозначить $B = 2I/rc$ [7, с. 190] и назвать это B магнитным полем, то мы получим магнитную часть силы Лоренца: $F = \frac{q}{c} v B.$

Таким образом мы, с помощью Парселла, доказали, что и в данном случае магнитные силы, действующие на движущийся пробный заряд имеют чисто электростатическое происхождение и возникают вследствие релятивистских эффектов. Хотя при этом нам пришлось отказаться от представления, что электроны образуют в металле электронный газ.

Однако, на практике куда чаще приходится сталкиваться с взаимодействием не одиночного электрического заряда с токонесущим

проводом, а притяжением или отталкиванием двух, или более токонесущих проводов. Именно это взаимодействие лежит в основе работы всех электродвигателей. Но ничего нового для нас здесь нет. Если на месте одиночного движущегося заряда будет находиться провод с 10^{23} движущимися электронами, то полученные нами значения действующих сил нужно будет умножить на число порядка числа Авогадро. Подробнее этот вопрос рассмотрен у того же Парселла [7, с. 180, рис. 5.22 с. 190].

Электрическое поле ускоренных зарядов

До сих пор мы рассматривали механизмы взаимодействия неподвижных и равномерно движущихся электрических зарядов с точки зрения специальной теории относительности и показали, что все «магнитные» явления в этих случаях вполне объясняются релятивистским законом Кулона и теорией А. Эйнштейна. Настало время рассмотреть электрические поля ускоренно движущихся зарядов. Классическая электродинамика утверждает, что такие заряды излучают электромагнитные волны, в которых происходит непрерывное превращение электрических полей в магнитные и наоборот.

В учебниках по электродинамике поля ускоренно движущихся зарядов выводятся длинным и сложным математическим путём с использованием 4-х мерного пространства и потенциалов Лиенара-Вихерта. Получающийся результат пригоден для любых скоростей зарядов.

Интернет предлагает упрощённые выводы тех же полей [10], правда, с потерей универсальности, результат пригоден только для малых, по сравнению со скоростью света, скоростей.

Прежде всего отметим, что векторы электрического поля равномерно и прямолинейно движущегося отрицательного заряда всегда указывают на этот заряд. Даже если заряд двигался равномерно и прямолинейно больше года, то в точке, отстоящей на расстоянии светового года от заряда вектор его электрического поля, указывает на место, в котором сейчас находится заряд несмотря на то, что он целый год двигался [7, с. 173]. Для положительного заряда векторы его поля направлены от заряда во вне, подобно иглам ежа, бегущего по лесу.

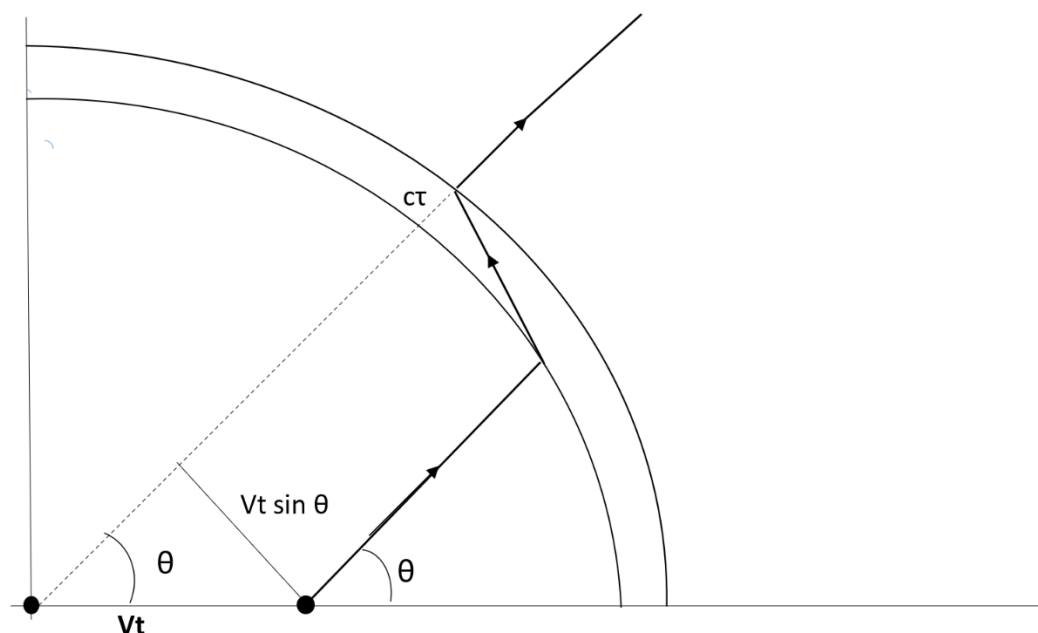


Рис. 9

На рисунке 9 чёрным кружком изображён положительный заряд, находившийся в начале координат, затем, в течение времени τ , двигавшейся с ускорением a вдоль горизонтальной оси, после чего стал двигаться с постоянной скоростью $V = a\tau$ в течение времени t ($V \ll c$; $\tau \ll t$). Чёрной линией со стрелками изображена одна из силовых линий его электрического поля, идущая под углом θ к горизонту. В области дальше $c(t + \tau)$ от начала координат электрическое поле представляет собой поле положительного заряда, покоящегося в начале координат. В зоне шириной ct на расстояниях ct от центра координат – поле ускоренно движущегося заряда. И, наконец, поле на расстояниях меньших $c(t - \tau)$ это поле равномерно движущегося со скоростью V положительного заряда. Оно само также равномерно движется с той же скоростью.

Согласно закону Гаусса [7, с. 40], поток электрического поля \mathbf{E} через любую замкнутую поверхность, равен произведению 4π на полный заряд, охватываемый этой поверхностью. Отсюда следует, что если внутри такой поверхности электрических зарядов нет, то число силовых линий поля, входящих в замкнутую поверхность, равно числу выходящих. Иными словами, линии электрического поля могут начинаться и заканчиваться только на электрических зарядах. Более того, мы можем утверждать, что поток электрического поля между сферическими поверхностями на рисунке 9 равен потоку поля через внутреннюю и наружную сферические поверхности. А поскольку «сечение» зоны ct существенно меньше площади

внутренней сферической поверхности, то плотность электрических силовых линий, которые все должны «поместиться» в этой зоне, будет существенно выше. Более высокая плотность линий означает более высокую напряжённость электрического поля по определению силовых электрических линий.

Кроме того, прямо из рисунка 9, видно, что в зоне ct у электрического поля появляется составляющая перпендикулярная направлению распространения поля. Эта составляющая пропорциональна $Vt \sin \theta$. Другая, радиальная составляющая, пропорциональна ct . Их отношение равно отношению соответствующих отрезков на рисунке 9: $\frac{E_\theta}{E_r} = \frac{Vt \sin \theta}{ct}$.

Где: E_r – радиальная составляющая электрического поля в зоне ct ;

E_θ – азимутальная составляющая того же поля.

По закону Гаусса поток вектора \mathbf{E} через внутреннюю сферу радиуса r равен: $4\pi q = 4\pi E_r r^2$ откуда: $E_r = \frac{q}{r^2}$.

Где: q – величина заряда.

Далее:

$$E_\theta = E_r \frac{Vt \sin \theta}{ct} = \frac{q}{r^2} \frac{at \sin \theta}{c} = \frac{q}{r} \frac{a \sin \theta}{c^2}, \quad (22)$$

В последнем равенстве мы заменили одно r на $r = ct$.

Формула (22) описывает все основные свойства излучения: E_θ – перпендикулярна направлению распространения излучения, спадает обратно пропорционально первой степени r , излучения нет в направлении движения заряда и оно максимально в перпендикулярном направлении, зависит от ускорения заряда.

Однако, в отличие от современных учебников электродинамики, мы полагаем, что при ускоренном движении электрических зарядов никаких магнитных полей и электромагнитных волн не возникает. Равно как и не возникает магнитного поля при изменении электрического поля. Просто электрическое поле, описываемое формулой (22), возникнув при ускоренном движении заряда, распространяется дальше со скоростью c , ни во что не превращаясь, достигает каких-то других электрических зарядов и приводит их в движение. А колебания этого поля обусловлены колебательным движением исходного заряда. В антеннах наших радиопередатчиков их выходные каскады создают переменные токи высоких

частот, т. е. заставляют электроны двигаться с большими ускорениями. В результате, возникают большие поля E_θ , которые, распространяясь во все стороны, достигают антенн радиоприёмников и заставляют колебаться электроны в них аналогично электронам в антеннах передатчиков. Аналогичные процессы происходят в микроскопических масштабах и внутри атомов, приводя к появлению электрических волн с очень малой длиной волны, в частности, световых.

Индукция

Рисунок 10 изображает два находящихся вблизи параллельных провода, причём нижнему течёт переменный ток, т. е. электроны в нём движутся с ускорениями a :

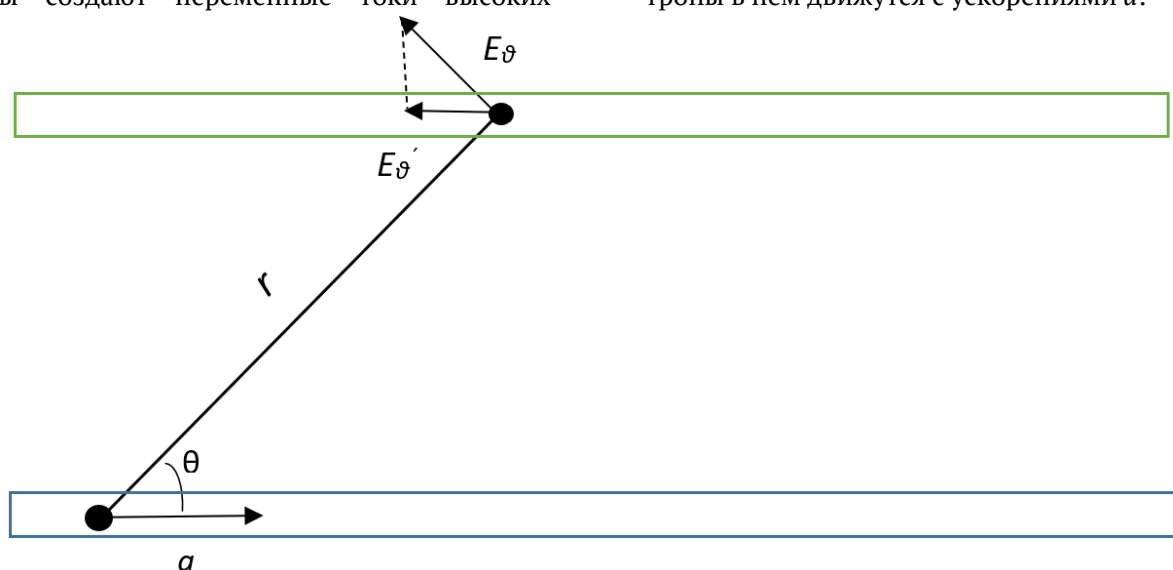


Рис. 10

При ускоренном движении какого-то электрона в нижнем проводе от него начинает распространяться волна электрического поля с перпендикулярной составляющей E_θ к направлению распространения. Пройдя расстояние r , она достигнет некоторого электрона в верхнем проводе и заставит его двигаться в направлении стрелки E_θ , но выйти за пределы верхнего провода этот электрон не может, поэтому будет двигаться под действием проекции E_θ на направление верхнего провода E_θ' . Описанный механизм называется индукцией и работает в отношении всех электронов как нижнего, так и верхнего проводов.

В результате, в верхнем проводе также начнёт течь переменный ток, который можно существенно усилить, намотав оба провода в катушки и поместив их на общий ферромагнитный сердечник. Полученное устройство называется трансформатор и широко используется в электротехнике. Таким образом

получается, что наши радиосвязь и трансформаторы работают на одном физическом принципе.

Если провод намотать в катушку, то излучение одного витка будет действовать на заряды в других витках того же провода, причём индуцируемая э.д.с. будет направлена против направления ускорения электронов (рис. 10), обеспечивая индуктивное сопротивление и выполнение правила Ленца.

Несколько слов о ферромагнитных сердечниках. Некоторые переходные металлы их сплавы и соединения обладают тем свойством, что электронные спины их атомов, при обычных условиях, способны выстраиваться параллельно. «Согласно Гейзенбергу, параллельное расположение атомных спинов обеспечивается квантовомеханическими обменными силами, которые, несмотря на их электростатическое происхождение, не могут быть описаны с классических позиций» [9, с. 395]. В свою очередь,

обменные силы возникают из-за частичного перекрытия волновых функций соседних атомов.

Но мы в квантовомеханические дебри лезть не будем. Для нас вполне достаточно электростатического происхождения обменных сил. Хотя сам ферромагнетизм чисто «магнитное» явление – в его основе лежит всё та же электростатика.

Ещё в позапрошлом веке Ампер догадался, что по поверхности постоянных магнитов текут электрические токи («Гипотеза Ампера»), которые и обуславливают их магнитные свойства. Современная наука полностью подтвердила эту догадку, – в «жестких»

ферромагнетиках, из которых делают постоянные магниты, токи поверхностных атомов, обусловленные спинами электронов и их орбитальным движением, остаются нескомпенсированными, создавая вокруг этих кусков ферромагнетиков магнитное поле. Но мы знаем, что никакого особого «магнитного» поля не существует, всё сводится к электростатике и теории относительности (см. формулы (18, 21)).

Униполярный генератор

Существует еще один тип электрического генератора, сильно занимавших умы физиков в 19-м веке. Речь пойдёт об униполярном генераторе, который схематически изображён на рисунке 11:

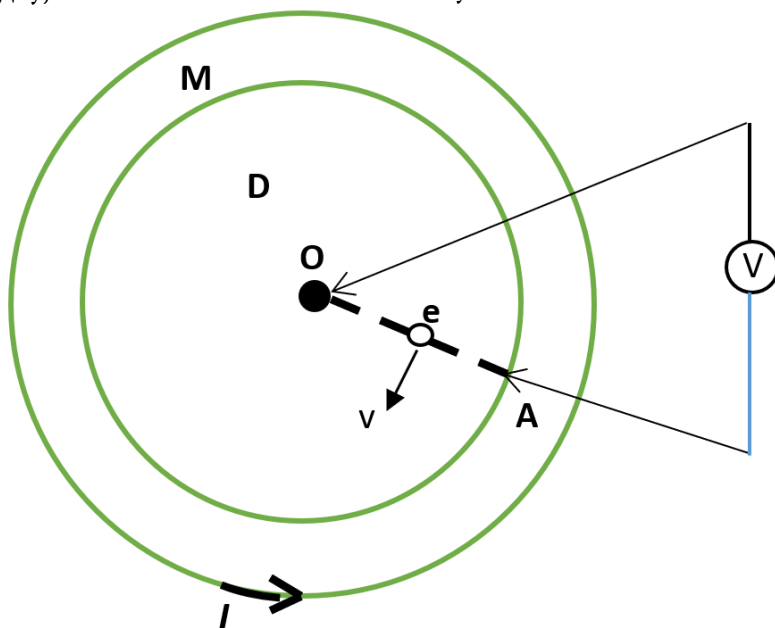


Рис. 11. Вид сверху

На одной оси O находятся цилиндрический постоянный магнит M, намагниченный в продольном направлении, и медный диск D, которые могут вращаться вокруг неё. К оси и краю медного диска с помощью проводов с токосъёмными щётками подключён вольтметр. В качестве диска может использоваться и сам магнит (т. е. щётки можно подключить непосредственно к металлическому магниту, тогда получается простейшая конструкция генератора, тем не менее исправно работающая). Если диск привести во вращение, независимо от того вращается или нет магнит, вольтметр показывает наличие напряжения несмотря на то, что магнитный поток через контур остаётся неизменным. Это противоречит закону Фарадея.

Авторы современных учебников по электродинамике, пытаясь объяснить работу униполярного генератора неизменно ссылаются на

теорию относительности, конкретно, на формулы преобразования электрических и магнитных полей, написанные ещё Эйнштейном.

Здесь мы пытаемся доказать, что магнитного поля вообще не существует, всё сводится к электростатике и СТО.

Как уже говорилось выше, по поверхности постоянного магнита течёт ток i , обусловленный спинами и орбитальным движением электронов поверхностных атомов ферромагнетика. При вращении диска некий электрон, находящийся на пунктирной прямой OA будет двигаться со скоростью v относительно тока, текущего по поверхности постоянного магнита i . Согласно формуле (18) на этот электрон, в лабораторной системе отсчёта, будет действовать сила F направленная по прямой OA, вызывая его смещение и появление напряжения на концах OA, которое будет фиксироваться вольтметром. Правда, сама формула (18),

выведенная для движения заряда вдоль бесконечной движущейся цепочки зарядов, для количественных расчётов в данном случае не годится. Необходима новая формула, учитывающая движение зарядов по окружности, разные скорости электронов на прямой ОА и т. п.

При вращении вокруг оси О измерительной цепи с вольтметром, при неподвижном диске, аналогичные соображения будут действовать в отношении электронов в проводах, соединяющих вольтметр со щётками.

При совместном вращении диска и измерительной цепи сила F будет действовать на все электроны, как в диске, так и в проводах, однако в разных частях контура она будет направлена противоположно, уравнивая генерируемые напряжения, так что вольтметр ничего не покажет.

Неподвижность или вращение магнита ни на что не влияет, поскольку и в этом случае в разных частях контура будут действовать разнонаправленные эдс, точно компенсирующие друг друга.

Заключение

Каждый из нас утром может видеть своими глазами, как из-за восточного края плоской земли появляется солнце, проходит свой путь по небосклону и заходит за западный край плоской земли. В библейские времена люди так себе и представляли мироздание. Потребовались века наблюдений, размышлений, построения теорий, чтобы человечество пришло к правильным представлениям об устройстве мира, причём задолго до начала полётов человека в космос, когда космонавты и астронавты смогли увидеть, что наука права на все 100%.

Таких примеров ошибочных выводов из непосредственных наблюдений можно привести множество. Наблюдая взаимодействие двух намагниченных кусков железа, люди решили, что это взаимодействие, подобно электрическому взаимодействию, происходит через особого вида поле, названному «магнитным». А в начале 19-го века было обнаружено, что протекающие по проводам электрические токи, так же создают магнитные поля. Тогдашние физики провели тысячи экспериментов, изучая магнитные поля электрических токов. Обобщив результаты этих экспериментов, Дж. Максвелл написал систему уравнений, связывающую между собой электрические и магнитные поля, которая легла в основу классической электродинамики.

В 1905 г. А. Эйнштейн опубликовал свою теорию относительности. Причём в своей

статье он привёл и формулы преобразования электрических и магнитных полей при их наблюдении из разных систем отсчёта. С тех пор в физике появилась и закрепилась концепция единого электромагнитного поля.

Однако, многие видные физики (Ли Пейдж, Фейнман, Парселл и др.) уже давно высказывали мысль, что магнитное поле – не материальное образование, а всего лишь релятивистский эффект. Реально существует только одно поле – электрическое. Именно оно ответственно за силовое взаимодействие двух неподвижных заряженных тел. Свести это взаимодействие к магнитному еще никому не удалось. А вот обратная процедура – свести все магнитные взаимодействия к электрическим вполне удаётся, как это и показано в данной работе.

Из самых основ теории относительности, преобразований Лоренца, следует, что при наблюдении физических тел в движущейся системе отсчёта пространство в направлении движения сокращается. В случае электрически заряженных тел это приводит к увеличению плотности электрических зарядов и «сплющиванию» их электрических полей, и, соответственно, к появлению дополнительного электрического поля. Вот действием этого дополнительного электрического поля и объясняются все «магнитные» явления. Никакого материального магнитного поля не существует.

Физики 19-го века (да и 99,99% современных физиков, не говоря уже о людях далёких от физики) были убеждены в реальном существовании материального магнитного поля. Такое убеждение сильно подкреплялось наблюдением взаимодействия постоянных магнитов, плюс твёрдая уверенность, что радиоволны, свет и вообще все электромагнитные излучения представляют собой колебания электромагнитного поля, при которых электрические поля превращаются в магнитные и наоборот. Это вытекало из уравнений Максвелла и вроде бы подтверждалось опытами Герца (на самом деле Герц наблюдал распространение электрических полей, возникающих при ускоренном движении электрических зарядов).

Много сил было потрачено, чтобы измерить магнитное поле световой волны. В результате удалось установить, что действие электрического поля по крайней мере в 10000 раз сильнее «вихревого» эффекта магнитного поля световых волн [11]. Хотя, прежде всего, магнитное поле должно действовать на движущиеся заряды, а любое вещество буквально всё состоит из движущихся зарядов – вращаются

электроны вокруг ядер, атомы участвуют в тепловом движении и т. п., тем не менее магнитное действие световой волны практически никак не проявляется.

В радиотехнике известны «магнитные антенны», – катушки, намотанные на ферритовые стержни. Считается, что они реагируют на магнитную составляющую электромагнитной волны. Ферритовые стержни представляют собой керамику, в которую введены соединения железа или другого ферромагнетика и всё что говорилось в разделе «Индукция», имеет самое прямое отношение к «магнитным антеннам». Т. е. и их работа основана на электростатике.

Сведение магнитного поля к электростатике и теории относительности уменьшает количество «сущностей» окружающего нас мира, делает его проще.

За 200 лет развития электродинамики физики создали, на основе уравнений Максвелла, весьма обширную и разветвлённую науку – классическую электродинамику с многочисленными формулами и объяснениями физических явлений с использованием понятия «магнитное поле». Все эти формулы широко используются в технике и прикладной физике. Было бы глупо отказываться от них, тем более что отказ от «магнитного поля» никак не влияет на полученные в классической электродинамике результаты.

Можно привести пример из астрономии, в которой давно доказано, что никаких 7 хрустальных сфер, окружающих землю, не существует. Но для целей навигации, все небесные тела считаются расположенными на бесконечно удалённой сфере.

Однако в теоретической физике, наших представлениях об устройстве мира,

«магнитному полю» нет места. Его место рядом с флогистоном, эфиром, хрустальными сферами, окружающими плоскую землю, и т. п. Следует помнить, что уравнения Максвелла, содержащие H , ничего реального не описывают, никакого «тока смещения» в вакууме не существует, всё это чистая феноменология и математика. Если верна теория относительности, то должны существовать все те явления, которые мы называем магнитными.

Автор благодарит Коцарева Л. Л. за поддержку на ранних этапах этой работы.

Литература

1. The physical review 59 (3) 223.
2. Левич В.Г. Курс теоретической физики. Т. I, М, «Наука», 1969 г., С. 45-243.
3. Тейлор Э.Ф., Уилер Дж. Физика пространства-времени. М, «Мир», 1971 г. С. 93-261.
4. Ландау Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. 6-е издание, С. 123.
5. Leigh Page. Am.J.Sci. Fourht Series Vol.XXXIY №199 July 1912 г. С. 57.
6. Фейнман Р., Лейтон, Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике М. «Мир», 1977 г, Т. 5. Электричество и магнетизм, С. 26-266.
7. Парселл Э.М. Электричество и магнетизм. Берклевский курс физики, Т. 2, С. 42-193.
8. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов. М. «Наука», 1966 г.; С. 46-60.
9. Шульце Г. Металлофизика. М, «Мир», 1971 г., С. 26-395.
10. Крылов И. igor-krylov.narod.ru.
11. Измерение магнетизма света. Phys. Rev. Focus, 26, 13.

GRIGOREV Anatolij Nikolaevich

Independent Researcher, Russia, Novocherkassk

ELECTRODYNAMICS AND RELATIVISM

Abstract. This article presents a new approach to substantiating the special theory of relativity. It demonstrates that all magnetic forces are a consequence of Coulomb's law and the effects of the theory of relativity. It also follows that all metals exhibit electron-hole conductivity. So-called electromagnetic waves are, in fact, purely electrical. No "displacement currents" exist in a vacuum.

Keywords: magnetic field, special relativity, electrical conductivity of metals, electromagnetic waves, Maxwell's equations.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

АБИТОВ Максуд Мансур

магистрант, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
Азербайджан, г. Баку

*Научный руководитель – доцент кафедры автоматизации процессов
Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности,
кандидат технических наук Салимов Вагиф Гасан*

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ARIMA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЦЕН НА НЕФТЬ BRENT

Аннотация. В статье рассматривается задача прогнозирования среднемесячных цен на нефть марки Brent на основе модели ARIMA. В качестве источника данных использована открытая серия FRED Crude Oil Prices: Brent – Europe (MCOILBRETEU), содержащая месячные значения цен в долларах за баррель. Исследование охватывает период 2010–2025 гг.; данные за 2010–2024 гг. использованы как обучающая выборка, а значения за 2025 год – как тестовый интервал. На этапе предварительного анализа установлено, что исходный временной ряд является нестационарным, тогда как после первого дифференцирования достигается стационарность. На основе графиков ACF и PACF, а также сравнения нескольких кандидатных моделей по критериям AIC и BIC в качестве наилучшей выбрана модель ARIMA(2,1,3). Диагностика остатков показала отсутствие выраженной остаточной автокорреляции. Прогноз на 2025 год дал следующие показатели точности: MAE = 6.691, RMSE = 7.652, MAPE = 10.046%. Полученные результаты позволяют сделать вывод о пригодности модели ARIMA как базового статистического инструмента прогнозирования ценовой динамики Brent. Статья подтверждает, что классические методы временных рядов сохраняют высокую практическую значимость в задачах data science и экономического анализа.

Ключевые слова: прогнозирование временных рядов, ARIMA, Brent, цены на нефть, data science, Python, статистическое моделирование.

Введение

В современных условиях цифровой экономики и высокой нестабильности мировых рынков прогнозирование временных рядов становится одной из важнейших задач прикладной аналитики и data science. Для производственных предприятий, особенно работающих в нефтегазовой и энергетической сфере, точность прогноза влияет на принятие управленческих решений, планирование закупок, оценку рыночной ситуации, распределение ресурсов и расчёт экономических рисков. В этих условиях использование математически обоснованных методов прогнозирования представляет не только научный, но и выраженный практический интерес. В диссертационной работе автора было показано, что задачи forecasting сохраняют высокую актуальность именно в контексте анализа экономических и

производственных показателей, а модель ARIMA остаётся одним из наиболее надёжных и воспроизводимых инструментов анализа временных рядов.

Одним из наиболее значимых индикаторов мировой энергетической конъюнктуры является цена нефти марки Brent. Динамика данного показателя отражает влияние глобального спроса и предложения, логистических ограничений, геополитических факторов и изменений рыночной среды. По этой причине прогнозирование цен Brent имеет важное значение как для научных исследований, так и для практической аналитики. Для промышленного предприятия нефтегазового профиля понимание возможной траектории изменения нефтяных цен позволяет более обоснованно подходить к вопросам бюджетирования, оценки

стоимости ресурсов и интерпретации внешне-экономических условий.

Среди методов прогнозирования временных рядов особое место занимает модель ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). Её широкое применение объясняется тем, что она сочетает математическую строгость, интерпретируемость и возможность анализа внутренней структуры временного ряда. В отличие от purely algorithmic black-box approaches, ARIMA позволяет исследователю формально учитывать зависимость текущих наблюдений от прошлых значений ряда и прошлых случайных ошибок. Кроме того, модель имеет хорошо разработанную методологию идентификации, оценивания и диагностики, что делает её особенно удобной для академических исследований и прикладных инженерно-экономических задач. Теоретические основания и практическая применимость ARIMA подробно рассмотрены во второй главе диссертации, где она была выбрана как основной статистический инструмент исследования.

Следует отметить, что современные методы data science включают большое число подходов к прогнозированию: от простых benchmark-моделей и методов сглаживания до алгоритмов машинного обучения и глубоких нейронных сетей. Однако наличие большого числа методов не означает автоматического превосходства более сложных моделей. Важным условием корректного научного исследования является выбор такого подхода, который не только обеспечивает приемлемую точность, но и соответствует структуре данных, объёму выборки и целям исследования. В данном случае выбор ARIMA обусловлен тем, что исследуемый ряд имеет чётко выраженную временную зависимость, при этом модель остаётся прозрачной с точки зрения интерпретации и воспроизводимой в среде Python.

Практическая реализация, представленная в данной статье, основана на реальном временном ряде среднемесячных цен на нефть Brent за период с 2010 по 2025 год. Исследование включает несколько последовательных этапов: предварительный анализ ряда, проверку стационарности, дифференцирование, построение графиков ACF и PACF, сравнение нескольких кандидатных моделей ARIMA, выбор наилучшей спецификации по информационным критериям, диагностику остатков, построение прогноза на тестовый период и оценку точности модели с использованием стандартных метрик ошибки. Такая логика полностью соответствует классической методологии Box–

Jenkins и обеспечивает научную строгость исследования.

Целью настоящей статьи является построение и оценка модели ARIMA для прогнозирования среднемесячных цен на нефть Brent на основе реальных данных, а также количественная проверка её прогностической способности на тестовом интервале 2025 года. Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи:

- сформировать и описать исследуемый набор данных;
- провести предварительный анализ временного ряда;
- проверить стационарность исходной серии и выполнить её преобразование;
- выбрать наилучшую модель ARIMA на основе сравнительного анализа кандидатных спецификаций;
- выполнить диагностику модели;
- построить прогноз на тестовый период и оценить его точность.

Таким образом, статья направлена на то, чтобы показать, каким образом классическая модель ARIMA может быть применена к реальным экономическим данным и насколько адекватно она описывает и прогнозирует динамику цен Brent в практической задаче forecasting.

Источник данных и общая характеристика временного ряда

В качестве объекта исследования использован временной ряд среднемесячных цен на нефть марки Brent. Источником данных выступает открытая серия Crude Oil Prices: Brent – Europe (MCOILBRENTU), опубликованная в системе FRED. В исследовании использованы данные за период с января 2010 года по декабрь 2025 года. Такой выбор интервала позволяет, с одной стороны, получить достаточно длинную историческую выборку для построения модели, а с другой – проверить прогноз на реальном будущем периоде, не участвовавшем в обучении.

Для целей моделирования данные были разделены на две части. Обучающая выборка охватывает период с января 2010 года по декабрь 2024 года, а тестовая выборка включает значения за 2025 год. Такое разделение позволяет реализовать out-of-sample validation, то есть оценить прогностическую способность модели на данных, которые не использовались при её построении. В практической части диссертации уже было зафиксировано, что число наблюдений в обучающем интервале составило 180, а тестовая выборка включает 12 месячных наблюдений.

Теоретическая основа модели ARIMA

Модель ARIMA в общем виде записывается как $ARIMA(p,d,q)$, где параметр p отражает порядок авторегрессии, d – порядок дифференцирования, а q – порядок скользящего среднего. Содержательно это означает следующее:

- авторегрессионная часть учитывает влияние прошлых значений ряда на текущее значение;
- интегрирующая часть обеспечивает переход к стационарному ряду;
- компонент скользящего среднего описывает зависимость текущего значения от прошлых случайных ошибок.

Авторегрессионная модель порядка p может быть представлена в виде:

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

Где Y_t – текущее значение ряда, c – константа, ϕ_i – коэффициенты авторегрессии, ε_t – случайная ошибка.

Модель скользящего среднего порядка q имеет вид:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (2)$$

Где μ – средний уровень ряда, θ_i – коэффициенты модели скользящего среднего.

Если исходный ряд является нестационарным, используется операция дифференцирования. Первая разность определяется следующим образом:

$$Y'_t = Y_t - Y_{t-1}, \quad (3)$$

Именно после такого преобразования возможен переход к анализу модели ARIMA. В диссертации подчёркивалось, что применение ARIMA требует приведения ряда к стационарному виду, а сам параметр ddd отражает число дифференцирований, необходимых для этого.

Проверка стационарности

Поскольку ARIMA предполагает работу со стационарным рядом, одним из ключевых этапов исследования является проверка стационарности исходной серии. Для этого использовался тест Augmented Dickey–Fuller (ADF). Его задача состоит в проверке нулевой гипотезы о наличии единичного корня, то есть о нестационарности ряда.

Если значение p -value превышает стандартный уровень значимости 0.05, ряд считается нестационарным. Если же p -value оказывается меньше 0.05, гипотеза о единичном корне отвергается, и ряд можно считать стационарным.

Автокорреляционная структура и идентификация модели

После достижения стационарности строятся графики ACF и PACF. Они используются для предварительной идентификации параметров ppr и qqq . График ACF показывает корреляцию

ряда с его лагами, а PACF позволяет оценить частичную зависимость между текущим наблюдением и прошлым значением при фиксированном влиянии промежуточных лагов.

На практике эти графики не дают окончательный ответ, но позволяют сформировать разумный набор кандидатных моделей. После этого выполняется статистическое сравнение моделей по информационным критериям AIC и BIC. Модель с меньшими значениями этих критериев рассматривается как более предпочтительная при прочих равных условиях.

Метрики оценки качества прогноза

Для оценки качества прогноза использовались три стандартные метрики:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|, \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}, \quad (5)$$

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|, \quad (6)$$

Где Y_t – фактическое значение, \hat{Y}_t – прогнозное значение, n – число наблюдений тестовой выборки.

Использование указанных метрик позволяет оценить точность прогноза как в абсолютных, так и в относительных единицах, а также сделать итоговый вывод о практической пригодности модели.

Программная реализация

Практическая часть была реализована в среде Python с использованием стандартных библиотек для анализа данных и временных рядов. Основную роль сыграла библиотека `statsmodels`, содержащая инструменты для ARIMA-моделирования, а также библиотеки для численных расчётов, визуализации и работы с табличными данными. В диссертации было отдельно отмечено, что Python выбран как открытая, бесплатная и воспроизводимая программная среда, удобная для реализации ARIMA и сопутствующих статистических процедур.

Визуальный анализ исходного ряда

На первом этапе был построен график исходного временного ряда среднемесячных цен Brent за 2010–2025 гг. Визуальный анализ показал, что динамика ряда является явно неоднородной. На графике наблюдаются фазы роста в 2010–2012 гг., заметный спад в 2014–2016 гг., резкое снижение в 2020 году, последующее восстановление и новый подъём в 2021–2022 гг., а затем постепенное снижение к 2025 году. Такая структура указывает на наличие изменений среднего уровня ряда во времени и позволяет предположить, что исходный ряд не является стационарным.

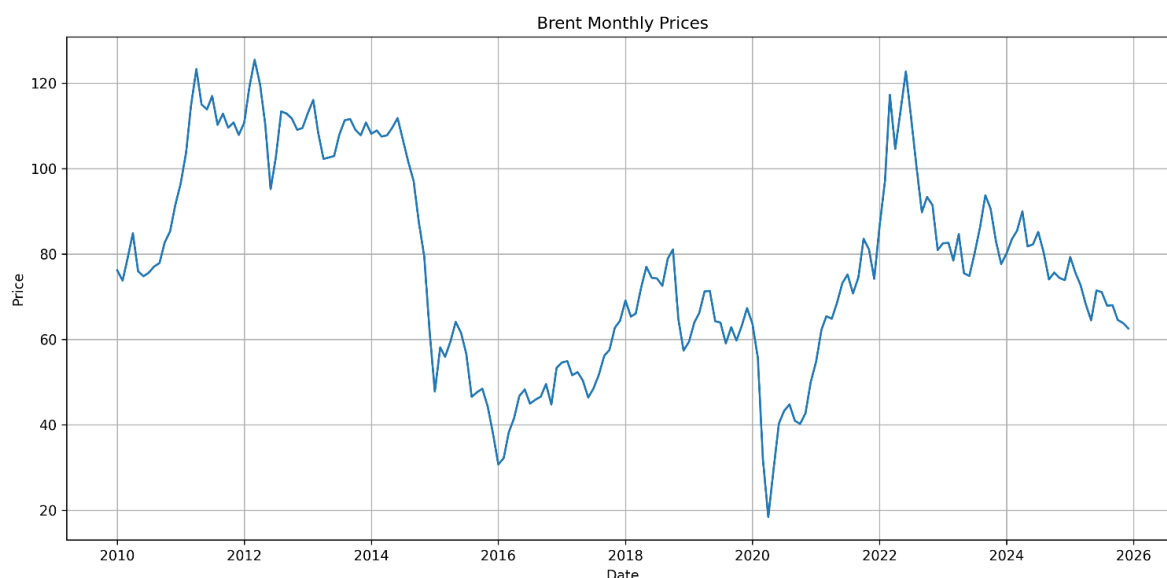


Рис. 1. Динамика среднемесячных цен на нефть Brent за 2010–2025 гг.

Разделение на обучающую и тестовую выборки

После построения исходного ряда данные были разделены на обучающую и тестовую выборки. На соответствующем графике видно, что обучающий интервал охватывает всю

историю наблюдений до конца 2024 года, тогда как 2025 год оставлен для независимой проверки прогноза. Такое разделение позволяет оценить не просто качество подгонки модели к историческим данным, а её реальную прогностическую способность.



Рис. 2. Разделение временного ряда на обучающую и тестовую выборки

Проверка стационарности и преобразование ряда

Для формальной проверки стационарности исходной серии был использован тест Augmented Dickey–Fuller. Для исходного ряда значение p -value составило 0.342524, что превышает уровень значимости 0.05. Следовательно, нулевая гипотеза о наличии единичного корня не отвергается, а ряд признаётся нестационарным. Это подтверждает визуальный анализ и показывает необходимость

преобразования данных перед построением модели ARIMA.

После первого дифференцирования была получена новая серия, колеблющаяся около нулевого уровня. Повторное применение ADF-теста показало значение p -value 2.896208×10^{-16} , что существенно меньше 0.05. Это означает, что после первого дифференцирования ряд стал стационарным и пригодным для моделирования в рамках ARIMA. Следовательно, порядок интегрирования может быть зафиксирован как $d = 1$.

Таблица 1

Результаты ADF-теста		
Ряд	p-value	Вывод
Исходный ряд	0.342524	нестационарен
После первого дифференцирования	2.896208e-16	стационарен

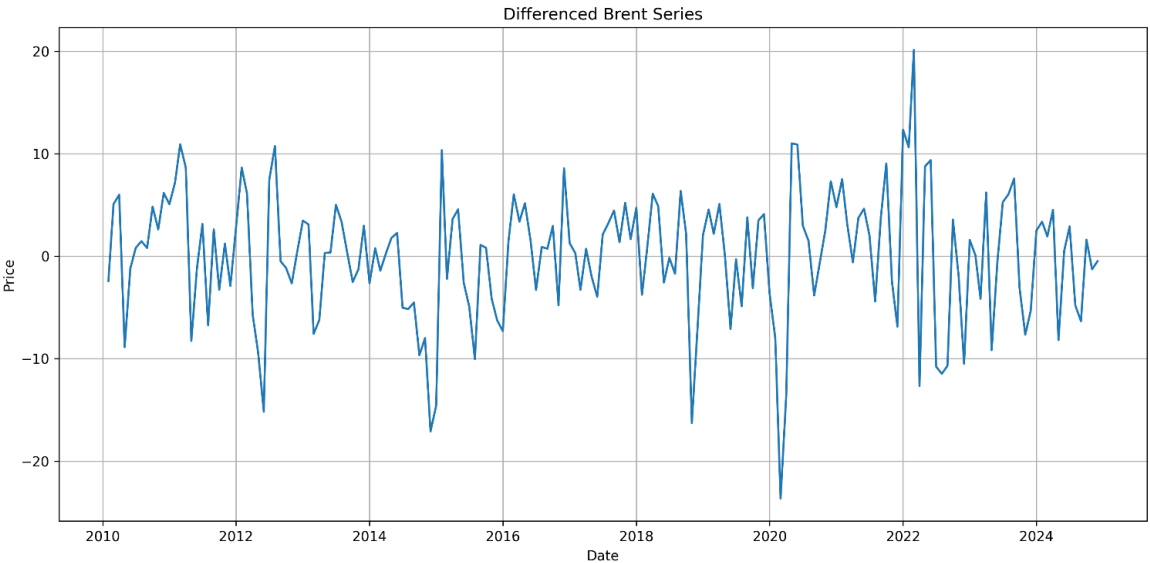


Рис. 3. Дифференцированный временной ряд цен Brent

Анализ ACF и PACF

После достижения стационарности были построены графики автокорреляционной и частичной автокорреляционной функций. На графике ACF наиболее заметным оказался первый лаг, тогда как последующие значения в основном оставались в пределах доверительных

границ. PACF также показывал выделение первых лагов без сложной долговременной структуры. Это указывало на наличие ограниченной краткосрочной зависимости и позволяло предположить, что модель небольшого порядка может оказаться достаточной.

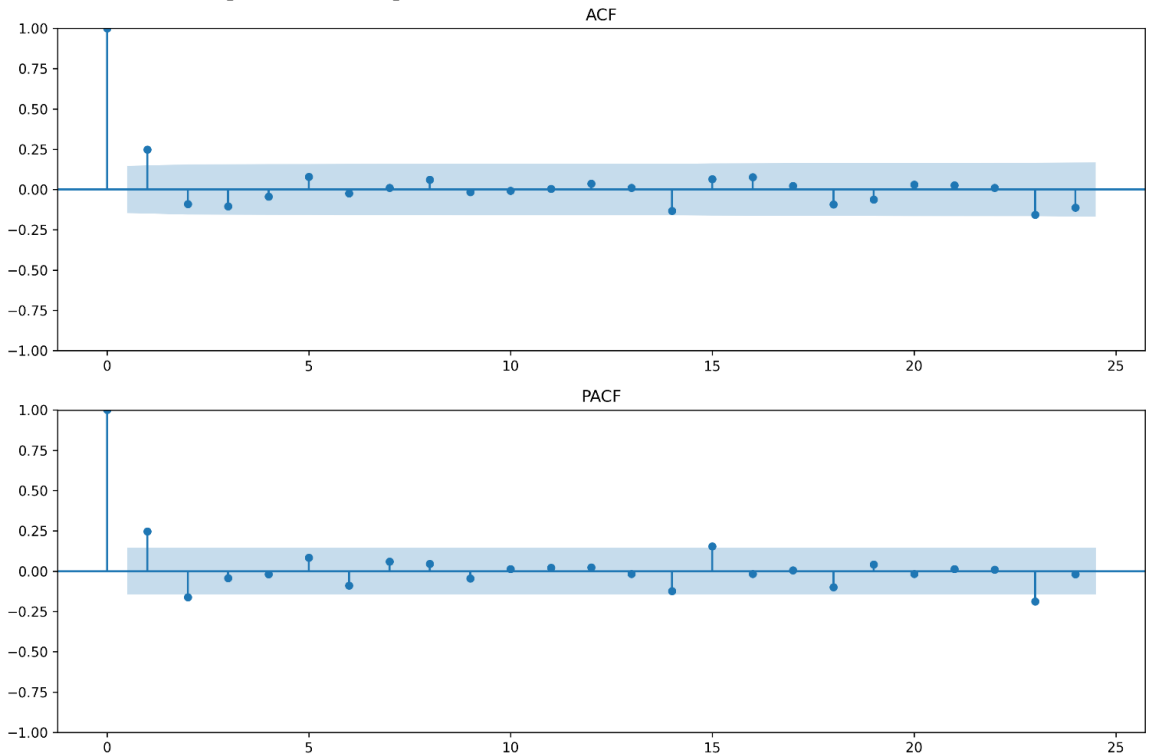


Рис. 4. Графики ACF и PACF для дифференцированного ряда

Сравнение кандидатных моделей ARIMA

На основе предварительного анализа был сформирован набор кандидатных

спецификаций вида ARIMA(p,1,q). Их сравнение проводилось по информационным критериям AIC и BIC.

Таблица 2

Сравнение кандидатных моделей ARIMA

Модель	AIC	BIC
ARIMA(2,1,3)	1155.971	1175.096
ARIMA(1,1,1)	1156.308	1165.870
ARIMA(3,1,2)	1156.692	1175.816
ARIMA(2,1,1)	1156.822	1169.572
ARIMA(1,1,2)	1157.411	1170.161
ARIMA(2,1,2)	1158.691	1174.628
ARIMA(3,1,1)	1158.795	1174.732
ARIMA(1,1,3)	1159.215	1175.152

Минимальное значение AIC было получено для модели ARIMA(2,1,3). Именно эта спецификация была выбрана как основная для дальнейшего анализа. Сводка модели показывает следующие ключевые значения: число наблюдений – 180, Log Likelihood – -571.986, AIC – 1155.971, BIC – 1175.096. Эти результаты подтверждают статистическую предпочтительность выбранной модели.

Диагностика остатков

После оценивания параметров была проведена диагностика модели. График остатков показывает, что ошибки колеблются вокруг нулевого уровня и не демонстрируют выраженного тренда. Автокорреляционная функция остатков также не обнаруживает значимой устойчивой структуры.

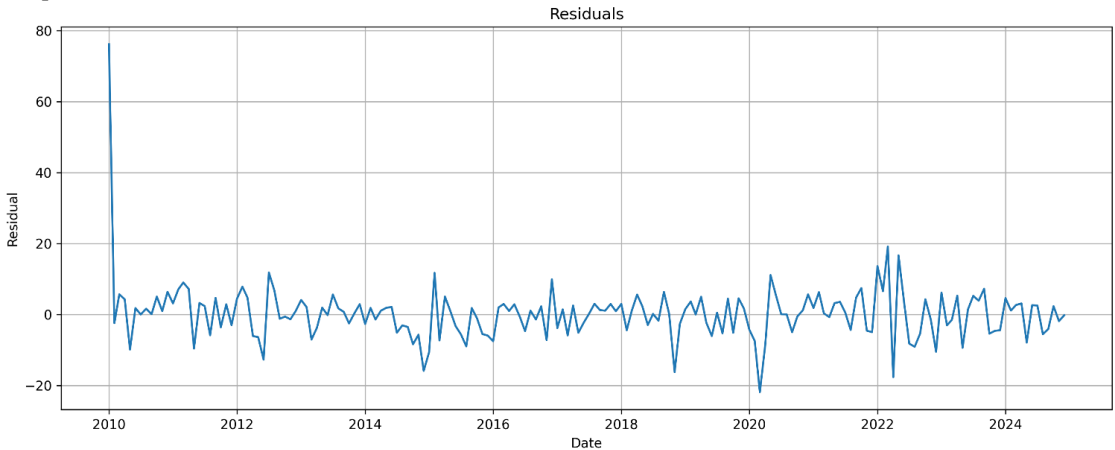


Рис. 5. График остатков модели ARIMA(2,1,3)

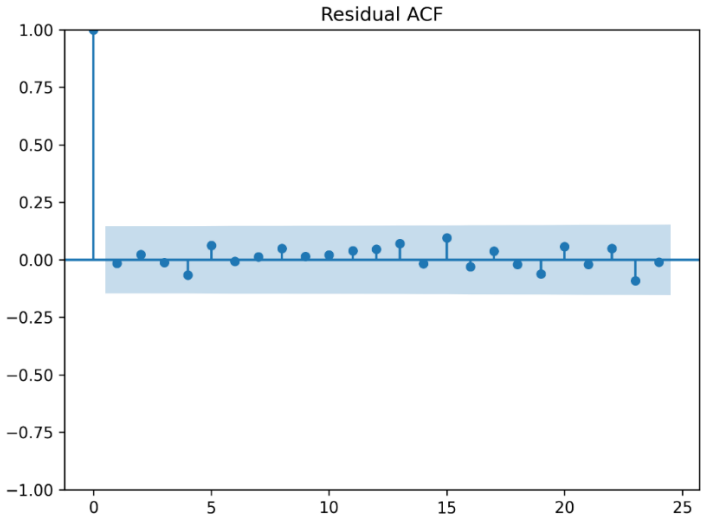


Рис. 6. Автокорреляционная функция остатков модели ARIMA(2,1,3)

Дополнительно по сводке модели значение $Prob(Q) = 0.99$ по статистике Ljung–Box указывает на отсутствие оснований считать, что в остатках сохраняется значимая

автокорреляция. Это означает, что модель в достаточной степени описала основную временную структуру исследуемого ряда.

Таблица 3

Основные характеристики модели ARIMA(2,1,3)

Показатель	Значение
Число наблюдений	180
Log Likelihood	-571.986
AIC	1155.971
BIC	1175.096
Prob(Q)	0.99

Построение прогноза и оценка точности

После выбора и проверки модели был построен прогноз на тестовый интервал 2025 года. Сравнение фактических и прогнозных значений показывает, что модель достаточно

хорошо описывает общее направление динамики ряда, хотя в отдельных месяцах наблюдаются заметные отклонения между прогнозом и реальными значениями.

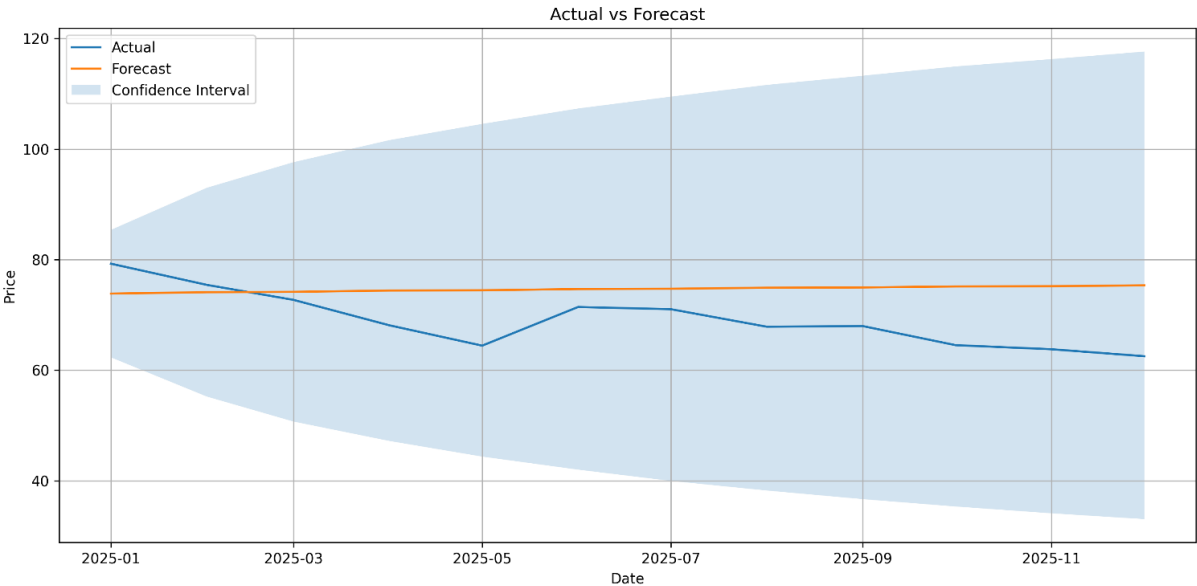


Рис. 7. Сравнение фактических и прогнозных значений модели ARIMA(2,1,3) для 2025 года

Для количественной оценки точности были рассчитаны стандартные метрики ошибки.

Таблица 4

Метрики точности прогноза модели ARIMA(2,1,3)

Показатель	Значение
MAE	6.691
RMSE	7.652
MAPE, %	10.046

Полученные значения показывают, что модель обеспечивает приемлемую точность прогноза для реального экономического временного ряда. Особенно показательным является значение MAPE, которое указывает, что в среднем относительная ошибка прогноза составила около 10%, что можно считать удовлетворительным результатом для ряда, чувствительного к внешним рыночным шокам.

Обсуждение результатов

Результаты исследования подтверждают, что модель ARIMA(2,1,3) является работоспособным и статистически обоснованным инструментом прогнозирования среднемесячных цен на нефть Brent. Её преимущество состоит в том, что она сочетает формальную строгость и практическую реализуемость. В отличие от многих более сложных алгоритмов, ARIMA не

требует больших объёмов данных, сохраняет интерпретируемость и позволяет последовательно пройти все этапы анализа: от проверки стационарности до диагностики остатков и прогностической оценки.

Содержательно полученные результаты показывают, что модель хорошо справляется с описанием общего направления движения ряда, но менее точно улавливает краткосрочные колебания. Это соответствует природе ARIMA как линейной модели временных рядов. Она эффективно работает с инерцией ряда, автокорреляционной структурой и стохастической зависимостью, но может ограниченно описывать резкие изменения, связанные с внешними факторами. Для нефтяных цен это особенно важно, поскольку на динамику Brent существенно влияют геополитика, логистика, решения крупных производителей и макроэкономические события.

Вместе с тем отсутствие выраженной остаточной автокорреляции и приемлемые значения ошибок прогноза позволяют сделать вывод, что выбранная спецификация ARIMA(2,1,3) достаточно полно описала основную структуру ряда. Это особенно важно для прикладных задач, где требуется не идеальная теоретическая подгонка, а практически пригодная и воспроизводимая модель.

С точки зрения научной и практической значимости результаты статьи подтверждают, что классические статистические методы остаются актуальными в современных задачах data science. В условиях, когда часто наблюдается смещение интереса исключительно в сторону сложных алгоритмов машинного обучения, данный результат показывает, что для ряда реальных экономических временных рядов классическая ARIMA способна давать стабильный и интерпретируемый прогноз.

Заключение

В статье была исследована возможность прогнозирования среднемесячных цен на нефть Brent на основе модели ARIMA. На реальном временном ряде за 2010–2025 гг. была выполнена последовательная процедура анализа, включающая визуальное исследование данных, проверку стационарности, дифференцирование, анализ ACF/PACF, выбор модели по AIC и BIC, диагностику остатков и оценку прогноза на тестовом интервале 2025 года.

По результатам исследования в качестве наилучшей была выбрана модель ARIMA(2,1,3). Она показала приемлемую точность прогноза:

MAE = 6.691, RMSE = 7.652, MAPE = 10.046%. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что модель ARIMA является практически применимым и научно обоснованным инструментом прогнозирования ценовой динамики Brent.

Таким образом, статья подтверждает, что классические методы анализа временных рядов сохраняют высокую актуальность в современных задачах data science, особенно тогда, когда исследователю необходимы воспроизводимость, интерпретируемость и статистическая прозрачность результатов.

Литература

1. Hyndman R.J., Athanasopoulos, G. Forecasting: Principles and Practice. 3rd ed. OTexts, 2021. <https://otexts.com/fpp3/>.
2. Makridakis, S., Spiliotis, E., Assimakopoulos, V. The M4 Competition: Results, findings, conclusion and way forward // International Journal of Forecasting. 2018. Vol. 34. No. 4. P. 802-808. <https://ideas.repec.org/a/eee/intfor/v34y2018i4p802-808.html>.
3. Brockwell P.J., Davis R.A. Introduction to Time Series and Forecasting. 3rd ed. Springer, 2016. https://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/232/1/2016_Book_IntroductionToTimeSeriesAndFor.pdf.
4. U.S. Energy Information Administration; Federal Reserve Bank of St. Louis. Crude Oil Prices: Brent – Europe (MCOILBRETEU). <https://fred.stlouisfed.org/series/MCOILBRETEU>.
5. statsmodels.tsa.arima.model.ARIMA // Statsmodels documentation. <https://www.statsmodels.org/stable/generated/statsmodels.tsa.arima.model.ARIMA.html>.
6. Manescu, C., Van Robays, I. Forecasting the Brent oil price: addressing time-variation in forecast performance. European Central Bank Working Paper, 2014. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1735.pdf>.
7. scikit-learn developers. Lagged features for time series forecasting. https://scikit-learn.org/stable/auto_examples/applications/plot_time_series_lagged_features.html.
8. Schaffer A.L., Dobbins T.A., Pearson S.-A. Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: a guide for evaluating large-scale health interventions // BMC Medical Research Methodology. 2021. <https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s12874-021-01235-8.pdf>.

9. Gasper, L., Mbwapbo, H. Forecasting crude oil prices by using ARIMA model: evidence from Tanzania // Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies. 2023. <https://www.um.edu.mt/library/oar/bitstream/123456789/109242/1/JAFAS9%282%29A8.pdf>.

10. Dettling, M. Applied Time Series Analysis. ETH Zürich course script. 2020. https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/math/statistics/sfs/Education/Advanced_Studies/course-material-1921/Zeitreihen/ATSA_Script_v200504.pdf.

ABITOV Maksud Mansur

Master's Student,

Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Azerbaijan, Baku

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Azerbaijan State University of Petroleum and Industry,
Candidate of Technical Sciences Salimov Vagif Hasan*

APPLICATION OF THE ARIMA MODEL FOR FORECASTING MONTHLY BRENT CRUDE OIL PRICES

Abstract. This paper addresses the problem of forecasting monthly Brent crude oil prices using the ARIMA model. The study is based on the open FRED series Crude Oil Prices: Brent – Europe (MCOILBRENTU), which provides monthly observations in U.S. dollars per barrel. The observation period covers 2010–2025; data from 2010–2024 are used as the training sample, while 2025 is reserved as the test interval. Preliminary analysis shows that the original series is non-stationary, whereas first differencing makes it stationary. Based on ACF/PACF analysis and comparison of candidate specifications using AIC and BIC, the model ARIMA(2,1,3) was selected as the best one. Residual diagnostics indicate no pronounced residual autocorrelation. The forecast for 2025 produced the following accuracy measures: MAE = 6.691, RMSE = 7.652, and MAPE = 10.046%. The results confirm that ARIMA is a suitable baseline statistical tool for forecasting Brent price dynamics. The paper demonstrates that classical time-series methods remain practically relevant in data science and applied economic analysis.

Keywords: time series forecasting, ARIMA, Brent crude oil, oil prices, data science, Python, statistical modeling.

АРТАЕВА Карина Шаррудиевна

студентка,

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Россия, г. Самара

ПОЛУНИН Дмитрий Алексеевич

студент,

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Россия, г. Самара

Научный руководитель – доцент кафедры цифровой экономики

*Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики,
кандидат экономических наук Измайлов Айрат Маратович*

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ БИЗНЕС-АРХИТЕКТУРЫ В БАНКОВСКОЙ ИНДУСТРИИ

Аннотация. В представленной работе исследуются актуальные методологии и технологические стеки, направленные на аудит и совершенствование операционных процессов в финансовом секторе. Основной акцент сделан на синергии таких инструментов, как Process Mining, RPA, BPM и BI-аналитика. Автор анализирует их практическую значимость в контексте ускорения клиентского обслуживания, мониторинга регуляторных рисков и обеспечения комплаенса. Статья включает разбор реальных кейсов цифровой трансформации в крупнейших финансовых институтах РФ и содержит рекомендации по формированию устойчивой ИТ-архитектуры в условиях высокой рыночной неопределенности.

Ключевые слова: банковский сектор, цифровизация, Process Mining, BPM, RPA, BI-платформы, импортозамещение, генеративный ИИ.

Введение

Современный банковский сектор выступает локомотивом технологических перемен, что продиктовано не только агрессивной борьбой за лояльность потребителей, но и беспрецедентным давлением со стороны регуляторов. Сегодня цифровизация – это не просто тренд, а инструмент выживания, позволяющий банкам соответствовать стандартам ЦБ РФ и эффективно противодействовать легализации преступных доходов. Для решения этих многовекторных задач финансовые организации внедряют комплексные экосистемы: BPM-платформы для бесшовного управления операциями, Process Mining для визуализации «бутылочных горлышек» в кредитных циклах, а также программную роботизацию (RPA) для высвобождения человеческого капитала из рутинного бэк-офиса. В России пионерами в области глубокой интеграции таких решений выступают

ведущие экосистемы: Сбербанк, ВТБ и ряд небанков [1].

Методологическая база и терминологический аппарат. Исследование опирается на методы системного анализа корпоративной архитектуры и сравнительный разбор открытых кейсов по цифровой модернизации финтеха. В рамках данной работы под Process Mining понимается дисциплина по извлечению объективных моделей процессов из событийных логов информационных систем; RPA рассматривается как технология имитации действий человека для исполнения транзакционных задач; BPM трактуется как стратегический подход к синхронизации операционной деятельности с целями бизнеса; BI выступает верхнеуровневым инструментом визуализации риск-метрик и финансовой устойчивости [2].

Актуальность для финансовой среды. Специфика банковского бизнеса подразумевает мгновенную обработку транзакций при

абсолютной достоверности данных и соблюдении протоколов безопасности. Применение аналитических ИТ-инструментов позволяет существенно сократить дистанцию между идеей продукта и его релизом (Time-to-Market), сбалансировать использование активов и предотвратить системные сбои, обеспечивая высокий коэффициент доступности сервисов (AVL). На текущем этапе российский финтех демонстрирует уникальную динамику, формируя устойчивый запрос на интеллектуальные системы мониторинга процессов [3, с. 15-20].

Ключевые векторы применения аналитических систем в банкинге:

1. Интеллектуальные кредитные конвейеры

Объединение BPM-движков с алгоритмами скоринга дает возможность полностью автоматизировать путь кредитной заявки. Ярким примером служит опыт банка «ВТБ», где внедрение технологий Process Mining позволило радикально пересмотреть процесс выдачи розничных кредитов. За счет устранения избыточных итераций и интеграции автоматических межведомственных запросов банку удалось кратно сократить время до получения клиентом денежных средств [4].

2. Оптимизация пользовательского опыта (UX) и фронт-офиса

С помощью инструментов событийного анализа банки реконструируют реальные пути клиентов (Customer Journey), выявляя барьеры в интерфейсах мобильного банкинга. Системы BI, в свою очередь, позволяют в реальном времени балансировать нагрузку на физические отделения и распределенные контакт-центры.

3. Автоматизация комплаенс-контроля

Использование программных роботов (RPA) в процедурах идентификации клиентов (KYC) и мониторинга транзакций сводит к минимуму вероятность ошибок, вызванных «человеческим фактором». Создание цифровых реестров и систем контроля версий регламентов гарантирует прозрачность деятельности банка перед внешними аудиторами и регулятором.

4. Стратегическая Big Data аналитика

BI-платформы агрегируют информацию из хранилищ данных (DWH) и «озер данных», предоставляя руководству доступ к оперативным KPI: от доходности конкретных продуктов до оценки уровня достаточности капитала в режиме онлайн [5].

Технологические тренды и перспективы. Текущая ситуация на российском ИТ-рынке характеризуется масштабным импортозамещением: место западных платформ (таких, как Pega или Celonis) занимают отечественные разработки и гибкие Open Source решения. Внедрение генеративного искусственного интеллекта (в частности, модели GigaChat) в контур аналитики процессов становится новым стандартом, позволяющим переходить от простого мониторинга к проактивному проектированию идеальных бизнес-моделей.

5. Барьеры внедрения и стратегии их преодоления

Несмотря на очевидные технологические преимущества, глубокая интеграция систем анализа процессов в банковскую архитектуру сопряжена с рядом критических вызовов. Одной из основных преград является «фрагментарность данных» – наследие старых систем (legacy systems), где информация о клиенте может быть распределена между десятками различных баз данных, не синхронизированных между собой. Это создает риски для целостности данных (INT), так как Process Mining требует точных и последовательных событийных логов.

Второй значимый барьер – культурное сопротивление персонала. Переход к прозрачным процессам часто воспринимается сотрудниками среднего звена как инструмент избыточного контроля. Для нивелирования этого риска ведущие банки внедряют концепцию «демократизации данных», предоставляя доступ к BI-аналитике не только топ-менеджменту, но и линейным руководителям, превращая контроль в инструмент помощи.

6. Эволюция в сторону «автономных процессов»: роль Generative AI

На текущем этапе мы наблюдаем переход от дескриптивной аналитики («что произошло?») к предиктивной («что произойдет?») и предписивной («что нужно сделать?»). Особое место в этой трансформации занимает внедрение генеративного искусственного интеллекта (LLM), такого как GigaChat.

Интеграция ИИ позволяет реализовать интерфейсы «разговорной аналитики» (Conversational BI). Руководитель подразделения может запросить у системы отчет, сформулировав задачу на естественном языке: «Проанализируй причины задержек в одобрении ипотек в Поволжском регионе за прошлую

неделю и предложи меры по оптимизации». ИИ не только генерирует SQL-запрос к базе данных, но и сопоставляет результат с текущими регламентами BPMN, выявляя расхождения. Это позволяет реализовать концепцию «самозалечивающихся» бизнес-процессов, где система в реальном времени корректирует маршрутизацию задач для соблюдения параметров доступности (AVL) и качества сервиса.

7. Импортозамещение и технологический суверенитет

Для российского банковского сектора 2022–2024 годы стали периодом вынужденной, но эффективной технологической реновации. Уход западных вендоров (SAP, Oracle, Celonis) открыл окно возможностей для отечественных платформ. Российские решения в области Process Mining и BPM сегодня не только не уступают зарубежным аналогам, но и зачастую превосходят их в части интеграции с государственными сервисами (СМЭВ, Госуслуги), что является критическим фактором для банковского комплаенса. Формирование независимого технологического стека позволяет банкам обеспечивать непрерывность бизнес-процессов вне зависимости от внешних геополитических факторов.

Заключение

Современные системы анализа бизнес-процессов превратились из вспомогательных ИТ-инструментов в «нервную систему» современного банка. Синергия BPM, Process Mining и интеллектуальной автоматизации (AI/RPA) позволяет финансовым организациям достигать беспрецедентного уровня операционной эффективности. В условиях высокой турбулентности рынка победу одержат те институты, которые смогут максимально сократить цикл «анализ – решение – автоматизация», превратив свои данные из пассивного актива в активный инструмент стратегического превосходства.

Литература

1. Ван дер Аалст В. Процесс-майнинг: обнаружение, мониторинг и улучшение бизнес-процессов / В. Ван дер Аалст. – Москва: Альпина Паблишер, 2021. – 450 с.
2. Дюма М. Основы управления бизнес-процессами / М. Дюма, М. Ла Роза, Я. Мендлинг. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 512 с.
3. Конев В.А. Роботизация бизнес-процессов (RPA) в банковском секторе: текущее состояние и перспективы развития / В.А. Конев // Финансы, деньги, инвестиции. – 2023. – № 2 (86). – С. 15–20.
4. Центральный банк Российской Федерации. Обзор цифровизации финансового рынка за 2023 год. – Текст: электронный // Официальный сайт Банка России. – URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/141018/on_digital_2023.pdf (дата обращения: 05.05.2024).
5. Репин В.В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление / В.В. Репин. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2022. – 512 с.
6. Тихонов С.С. Применение технологий интеллектуального анализа процессов для оптимизации кредитного конвейера банка / С.С. Тихонов // Инновации в ИТ. – 2022. – № 4. – С. 88–94.
7. Измайлов А.М. Механизм управления информационно-знаниевыми ресурсами / А.М. Измайлов, С.И. Ашмарина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1(67). – С. 261–266. – DOI 10.20914/2310-1202-2016-1-261-266.
8. Измайлов А.М. Понятие и особенности информационно-знаниевых ресурсов / А.М. Измайлов, С.И. Ашмарина // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2015. – № 4(42). – С. 88–90.

ARTAYEVA Karina Sharrudievna

Student, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Russia, Samara

POLUNIN Dmitry Alekseevich

Student, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Digital Economics
of the Volga State University of Telecommunications and Informatics,
Candidate of Economic Sciences Izmailov Ayrat Maratovich*

INNOVATIVE APPROACHES TO INTELLIGENT ANALYSIS OF BUSINESS ARCHITECTURE IN THE BANKING INDUSTRY

Abstract. *This paper examines current methodologies and technology stacks aimed at auditing and improving operational processes in the financial sector. The main focus is on the synergy of tools such as Process Mining, RPA, BPM and BI analytics. The author analyzes their practical significance in the context of accelerating customer service, monitoring regulatory risks and ensuring compliance. The article includes an analysis of real-world cases of digital transformation in the largest financial institutions of the Russian Federation and contains recommendations for the formation of a sustainable IT architecture in conditions of high market uncertainty.*

Keywords: *banking sector, digitalization, Process Mining, BPM, RPA, BI-platforms, import substitution, generative AI.*

ДЕНИСЕНКО Ирина Сергеевна

старший преподаватель,

Амурский институт железнодорожного транспорта –
филиал Дальневосточного государственного университета путей сообщения в г. Свободном,
Россия, г. Свободный

ЧЕРНИКОВА Ирина Олеговна

старший преподаватель,

Амурский институт железнодорожного транспорта –
филиал Дальневосточного государственного университета путей сообщения в г. Свободном,
Россия, г. Свободный

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАНИИ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ

Аннотация. В статье рассматривается роль искусственного интеллекта (ИИ) в современном образовательном процессе: анализируются ключевые направления его применения, преимущества и потенциальные риски. Описываются практические примеры использования ИИ-технологий для автоматизации рутинных задач педагогов, персонализации обучения, поддержки инклюзивного образования и контроля успеваемости. Приводятся актуальные статистические данные по использованию ИИ в российских учебных заведениях, в том числе среди студентов и репетиторов. Особое внимание уделяется этическим вопросам и проблемам академической честности, возникающим при внедрении нейросетевых инструментов. В заключительной части сформулированы принципы успешной интеграции ИИ в образование, позволяющие максимизировать пользу технологий при сохранении ключевой роли педагога и развитии критического мышления у учащихся. Статья будет полезна педагогам, администраторам образовательных учреждений, методистам и всем, кто интересуется инновациями в сфере обучения.

Ключевые слова: искусственный интеллект в образовании, персонализация обучения, адаптивные образовательные платформы, автоматизация педагогических задач, цифровая грамотность, академическая честность, инклюзивное образование, образовательные технологии, ИИ-ассистенты, критическое мышление, цифровое неравенство, этика ИИ в обучении.

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) меняет многие сферы жизни – в том числе и образование. ИИ уже не футуристическая концепция, а реальный инструмент, который помогает учителям и ученикам. Разберёмся, как именно он применяется, какие даёт преимущества и с какими рисками связан.

Искусственный интеллект берёт на себя часть рутинных задач, освобождая для педагогов время для творческой работы. Сервисы вроде Gradescope автоматически оценивают тесты и домашние работы, распознают рукописный текст и группируют типичные ошибки. Нейросети генерируют тесты, презентации, сценарии уроков и практические кейсы. Например, PrepAI создаёт вопросы и варианты ответов по заданному тексту, а Smartest Learning превращает документы в наглядные презентации. Системы предиктивной

аналитики выявляют учеников с риском академической неуспеваемости и помогают вовремя скорректировать программу. Автоматизация административных процессов снижает нагрузку на учителей.

По данным ВЦИОМ (2025), педагоги, использующие ИИ, экономят в среднем 2–4 часа в неделю – это время можно посвятить индивидуальной работе с учениками.

Адаптивные платформы подстраивают программу под уровень знаний и темп обучения:

- Duolingo адаптирует упражнения по языкам, анализируя ошибки и прогресс пользователя.
- Thinkster подбирает математические задачи нужной сложности и корректирует план в зависимости от успехов ученика.
- Яндекс Учебник и Сберкласс помогают выстраивать индивидуальные

образовательные траектории, особенно в разнородных и инклюзивных классах.

ИИ также поддерживает практическую работу: генерирует код по запросу; объясняет сложные темы простыми словами; структурирует информацию для курсовых и дипломных работ.

Дополнительные возможности ИИ можно применить в инклюзивном образовании. ИИ преобразует текст в речь, предоставляет визуальную поддержку и адаптирует материалы для детей с особыми потребностями. Чат-боты (например, Etoга) помогают студентам справляться со стрессом, ориентироваться в учебном процессе и получать оперативную обратную связь. Симуляции и виртуальные лаборатории делают обучение более увлекательным и эффективным. ИИ отслеживает вовлечённость на уроках, предотвращает списывание на экзаменах и прогнозирует успеваемость.

Преимущества внедрения ИИ

- экономия времени педагогов (до 30–50% на рутинных задачах);
- мгновенная обратная связь для учащихся;
- индивидуальный темп обучения;
- доступ к структурированной информации и экспертным знаниям;
- снижение субъективности при оценивании;
- повышение мотивации за счёт интерактивных форматов;
- проактивная поддержка учеников в зоне риска.

Риски и ограничения

Несмотря на очевидные плюсы, внедрение ИИ в образование связано с рядом проблем:

1. Снижение роли педагога. Чрезмерная автоматизация может привести к утрате живого общения, наставничества и развития социальных навыков.
2. Проблемы достоверности. Нейросети обучаются на существующих данных, которые могут содержать ошибки или предвзятые взгляды. Ученики должны учиться проверять информацию.
3. Академическая честность. 12% студентов признались в использовании ИИ на экзаменах, что ставит вопрос о границах допустимого.
4. Цифровое неравенство. Не все школы и ученики имеют равный доступ к технологиям, что может усилить разрыв в качестве образования.
5. Зависимость от технологий. Постоянное обращение к ИИ формирует привычку получать быстрый ответ, снижая терпение и навыки самостоятельной работы.

6. Этические вопросы. Необходимо обеспечить защиту персональных данных и прозрачность алгоритмов.

По данным опроса онлайн-кампуса НИУ ВШЭ, 43% студентов используют ИИ в учёбе: 56% – при подготовке докладов, 33% – для рефератов, 29% – для эссе. Около 50% студентов российских вузов применяют нейросети в учебных целях (исследование 2023 года). 40% репетиторов в России хотя бы раз использовали ИИ для решения рабочих задач, 20% – регулярно. По данным исследования онлайн-школы «100-балльный репетитор» и агентства RLVNT (2026), 41,4% старшеклассников обращаются к чат-ботам за помощью в учёбе, тогда как к учителям – 38,8%.

Принципы успешной интеграции ИИ в образование

Чтобы максимизировать пользу и минимизировать риски, важно придерживаться следующих принципов:

1. ИИ – инструмент, а не замена. Технологии должны дополнять, а не вытеснять живое взаимодействие. Учитель остаётся наставником, мотиватором и вдохновителем.
 2. Критическое мышление. Педагог должен проверять результаты работы ИИ, а учеников нужно учить верифицировать информацию.
 3. Фокус на человеческом взаимодействии. Групповые проекты, обсуждения и наставничество – остаются основой образовательного процесса.
 4. Развитие цифровой грамотности. Учителя и ученики должны понимать возможности и ограничения ИИ, безопасно и эффективно его использовать.
 5. Этичный подход. Необходимо соблюдать конфиденциальность данных, обеспечивать справедливость и прозрачность алгоритмов.
 6. Равный доступ. Школы должны стремиться к тому, чтобы технологии были доступны всем ученикам, независимо от их социального положения.
 7. Гибкость и адаптация. Образовательные программы должны регулярно обновляться с учётом новых возможностей ИИ.
- Искусственный интеллект – мощный инструмент, способный сделать образование более эффективным, персонализированным и доступным. Он освобождает учителей от рутины, помогает ученикам осваивать материал в индивидуальном темпе и предоставляет новые форматы обучения. Однако успешная интеграция ИИ требует баланса: технологий и живого общения, автоматизации и развития

критического мышления, инноваций и этических принципов. Только так можно создать образовательную среду, где ИИ станет верным помощником, а не заменой человеческому взаимодействию.

Литература

1. Федеральная образовательная программа общего образования (с учётом цифровых технологий и ИИ-инструментов). – М., 2024.
2. Стратегия цифровой трансформации отрасли «Образование» (до 2030 года). – М.: Минпросвещения РФ, 2021.
3. Богдановская И.М. Информационные технологии в педагогике и психологии: учебник для вузов / И.М. Богдановская, Т.П. Зайченко, Ю.Л. Проект. – СПб.: Питер, 2018. – 304 с.
4. Загоруйко Ю.А. Искусственный интеллект. Инженерия знаний: учебное пособие для вузов / Ю.А. Загоруйко, Г.Б. Загоруйко. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 93 с.
5. Уваров А.Ю. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования / А.Ю. Уваров, Э. Гейбл, И.В. Дворецкая [и др.]. – М.: Высшая школа экономики, 2019. – 344 с. (дата обращения: 11.10.2025).
6. Анюшенкова О.Н. Правовые аспекты использования искусственного интеллекта в образовании / О.Н. Анюшенкова // Мир науки, культуры, образования. – 2025.
7. Бороненко Т.А. Развитие персонализированного обучения будущих педагогов через генерацию курсов с использованием искусственного интеллекта / Т.А. Бороненко, В.С. Федотова // Мир науки, культуры, образования. – 2024.
8. Верховод А.С. Влияние искусственного интеллекта на трансформацию роли преподавателя в современном образовании / А.С. Верховод // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – № 86-1. – С. 62-65.
9. Видова Т.А. Возможности применения технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе / Т.А. Видова, И.Н. Романова // Образовательные ресурсы и технологии. – 2023. – № 1 (42). – С. 27-35.

DENISENKO Irina Sergeevna

Senior Lecturer,

Amur Institute of Railway Transport is a Branch of the Far Eastern State University
of Railway Transport in Svobodny, Russia, Svobodny

CHERNIKOVA Irina Olegovna

Senior Lecturer,

Amur Institute of Railway Transport is a Branch of the Far Eastern State University
of Railway Transport in Svobodny, Russia, Svobodny

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: NEW OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Abstract. *The article examines the role of artificial intelligence (AI) in the modern educational process: key areas of its application, advantages and potential risks are analyzed. Practical examples of using AI technologies to automate teachers' routine tasks, personalize learning, support inclusive education, and monitor academic performance are described. The current statistics on the use of AI in Russian educational institutions, including among students and tutors, are presented. Special attention is paid to ethical issues and academic integrity issues that arise when implementing neural network tools. In the final part, the principles of successful integration of AI into education are formulated, allowing maximizing the benefits of technology while maintaining the key role of the teacher and developing critical thinking among students. The article will be useful for teachers, administrators of educational institutions, methodologists and anyone who is interested in innovations in the field of education.*

Keywords: *artificial intelligence in education, personalization of learning, adaptive educational platforms, automation of pedagogical tasks, digital literacy, academic integrity, inclusive education, educational technologies, AI assistants, critical thinking, digital inequality, ethics of AI in education.*

ДОРОЩЕНКОВ Ярослав Михайлович

студент, Брянский государственный технический университет, Россия, г. Брянск

*Научный руководитель – доцент кафедры цифровой экономики
Брянского государственного технического университета,
кандидат педагогических наук Томашевский Сергей Брониславович*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИЗНЕС-СИМУЛЯЦИОННОГО ПОДХОДА ПРИ ПОСТРОЕНИИ CI/CD, CONTINUOUS TESTING И ПИРАМИДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается связь между бизнес-симуляторами как компьютерными имитационными моделями предприятия и современными моделями автоматизации тестирования программного обеспечения. Особое внимание уделено CI/CD, непрерывному тестированию и пирамиде автоматизации. Показано, что данные подходы объединяет моделирование реальных ситуаций, многократное воспроизведение сценариев, автоматическая обработка результатов и снижение влияния человеческого фактора.

Ключевые слова: бизнес-симулятор, автоматизация тестирования, CI/CD, Continuous Testing, пирамида тестирования, тестовая среда.

Введение

Разработка программного обеспечения требует не только быстрого выпуска новых версий, но и постоянного контроля качества. Если тестирование выполняется только в конце разработки, дефекты обнаруживаются поздно, их исправление становится дороже, а выпуск продукта задерживается. Поэтому в современных ИТ-компаниях особое значение приобретают модели автоматизации тестирования, которые позволяют проверять программный продукт регулярно, быстро и воспроизводимо.

Связь с темой автоматизации тестирования можно увидеть в статье «Использование бизнес-симулятора для повышения квалификации работников предприятий в России». В ней бизнес-симулятор определяется как компьютерная имитационная модель предприятия, где участники управляют виртуальной организацией и принимают решения в области финансов, производства, маркетинга, персонала, снабжения, сбыта и логистики [1]. Хотя статья посвящена обучению работников, ее идеи применимы и к тестированию ПО, поскольку тестовая среда также является моделью реальной эксплуатации программного продукта.

1. Бизнес-симулятор и автоматизированная тестовая среда

Главная методологическая связь заключается в понятии имитации. В бизнес-симуляторе создается безопасная виртуальная среда, где можно проверять управленческие решения без риска для реального предприятия. В автоматизированном тестировании создается тестовая среда, где можно проверять изменения в программном коде без риска для промышленной версии системы и реальных пользователей.

В статье подчеркивается, что электронные бизнес-симуляторы позволяют использовать большое количество показателей, менять уровень сложности, проводить обучение дистанционно и быстро обрабатывать результаты [1]. Аналогичные требования предъявляются к современному тестовому стенду: он должен поддерживать разные сценарии, тестовые данные, имитацию внешних сервисов, автоматический запуск проверок и формирование отчетов. Поэтому тестовую среду можно рассматривать как своеобразный симулятор эксплуатации программного продукта.

Такой подход показывает, что автотесты должны не просто воспроизводить отдельные действия, а моделировать реальные и

критичные ситуации: авторизацию пользователя, передачу данных через API, работу бизнес-правил, интеграцию с внешними сервисами, обработку ошибок и нестандартных входных данных.

2. Связь с CI/CD и Continuous Testing

CI/CD представляет собой автоматизированный конвейер разработки, в котором сборка, тестирование и поставка программного продукта выполняются последовательно и с минимальным участием человека. Continuous Testing является частью этого подхода и означает, что проверки запускаются постоянно: при изменении кода, создании merge request, подготовке релиза или развертывании новой версии. Главная цель непрерывного тестирования – быстро сообщить команде, нарушило ли новое изменение качество продукта.

Эта логика близка к работе электронного бизнес-симулятора. В бизнес-симуляторе участники принимают решения и отправляют их на сервер, после чего система рассчитывает результаты деятельности виртуального предприятия. В CI/CD разработчик отправляет изменение в репозиторий, после чего сервер сборки запускает статический анализ, unit-тесты, API-тесты, интеграционные и UI-проверки. В обоих случаях сервер выполняет роль автоматического обработчика сценариев и формирует результат для дальнейшего анализа.

Общая процессная основа проявляется в том, что действие человека автоматически преобразуется системой в измеримый результат. В обучении это повышает объективность оценки решений, а в тестировании программного обеспечения – объективность оценки качества сборки. Поэтому Continuous Testing можно рассматривать как техническое воплощение идеи безопасного моделирования последствий до выхода продукта в реальную среду.

Практическая ценность такого подхода состоит в снижении влияния человеческого фактора. В статье указывается, что традиционные методы обучения зависят от тренера и ручной обработки результатов [1]. В тестировании похожая проблема возникает при ручной регрессии: результат зависит от внимательности и загруженности тестировщика. CI/CD решает эту проблему за счет автоматического запуска проверок и формирования отчетности после каждого значимого изменения кода.

3. Связь с пирамидой автоматизации тестирования

Пирамида автоматизации тестирования – это модель рационального распределения автотестов по уровням. В ее основании находятся быстрые и недорогие проверки: статический анализ, unit-тесты и компонентные тесты. Выше располагаются API- и интеграционные тесты, а на вершине – UI- и end-to-end-тесты, которые ближе всего к действиям пользователя, но дороже и сложнее в сопровождении.

Связь данной модели с бизнес-симуляторами проявляется в поэтапном усложнении сценариев. В симуляторе участники могут сначала осваивать базовые управленческие решения, а затем переходить к более сложным рыночным ситуациям. В пирамиде тестирования сначала проверяется базовая логика программы, затем взаимодействие компонентов и только после этого полный пользовательский путь через интерфейс.

Например, правило расчета стоимости услуги сначала проверяется unit-тестом, затем через API-тест, а затем в одном ключевом UI-сценарии. Это позволяет не дублировать одну и ту же проверку на всех уровнях и не перегружать проект дорогими интерфейсными тестами. Такой подход соответствует идее эффективности, заложенной в электронных бизнес-симуляторах: большое число повторяемых сценариев должно выполняться быстро, а сложные сценарии применяются точно и осмысленно.

В статье также отмечается возможность многократного проигрывания сценариев и моделирования проблемных ситуаций [1]. Для пирамиды автоматизации это принципиально важно: unit-тесты многократно проверяют внутреннюю логику, API-тесты воспроизводят разные варианты входных данных, интеграционные тесты проверяют взаимодействие модулей, а UI-тесты подтверждают работоспособность наиболее важных пользовательских маршрутов.

4. Практическое значение для автоматизации тестирования

На основе рассмотренной связи можно предложить следующую логику построения модели автоматизации тестирования. Сначала формируются требования и критерии приемки, затем создается тестовая среда, имитирующая реальные условия эксплуатации. После этого

проверки распределяются по уровням пирамиды: статический анализ и unit-тесты помещаются в основание, API- и интеграционные тесты – в средний уровень, UI/E2E-тесты – в верхний уровень. Далее все проверки подключаются к CI/CD-конвейеру и запускаются автоматически при изменениях в коде.

Такой подход объединяет преимущества бизнес-симуляционного мышления и инженерной практики тестирования. Он позволяет заранее моделировать последствия изменений, быстро получать результаты, уменьшать зависимость от ручного труда и принимать решения на основе измеримых показателей. Для ИТ-предприятия это означает повышение управляемости качества программного продукта при умеренных затратах на внедрение.

Заключение

Статья о бизнес-симуляторах может быть использована как смежное научное основание для исследования моделей автоматизации тестирования программного обеспечения. Бизнес-симулятор и автоматизированное тестирование объединяет общая идея: создать безопасную модель реальной среды, многократно воспроизводить в ней сценарии, автоматически обрабатывать результаты и использовать их для принятия решений.

Наиболее сильная связь выявляется с CI/CD, Continuous Testing и пирамидой автоматизации тестирования. CI/CD обеспечивает быструю автоматическую обработку результатов, подобно серверу электронного бизнес-симулятора. Пирамида автоматизации обеспечивает рациональное распределение сценариев по уровням сложности и стоимости. Следовательно, при разработке модели автоматизации

тестирования программного обеспечения тестовую среду целесообразно рассматривать как симулятор эксплуатации продукта, а автотесты – как повторяемые сценарии проверки его поведения.

Литература

1. Зайцева Э.Д., Дорощенко Я.М., Бураго В.В. Использование бизнес-симулятора для повышения квалификации работников предприятий в России // Современные научные достижения. БГТУ – 2025. – Брянск: БГТУ, 2025. (дата обращения: 03.04.2026).
2. Климов Н.Д. Методологии автоматизированного тестирования в Agile-разработке // Актуальные исследования. – 2024. – № 28 (210). – URL: <https://apni.ru/article/9795-metodologii-avtomatizirovannogo-testirovaniya-v-agile-razrabotke> (дата обращения: 03.04.2026).
3. Кочетов Д.О. Методы повышения надежности автоматизированного тестирования веб-приложений с использованием Java, Selenium и CI/CD-инфраструктуры // Современные наукоемкие технологии. – 2025. – № 9. – С. 159-166. – DOI: 10.17513/snt.40501. – URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=40501> (дата обращения: 03.04.2026).
4. Шепель А. Эффективность использования CI/CD-инструментов в автоматизированном тестировании // Актуальные исследования. – 2023. – № 6 (136). – URL: <https://apni.ru/article/5592-effektivnost-ispolzovaniya-ci-cd-instrumentov-v-avtomatizirovannom-testirovanii> (дата обращения: 03.04.2026).

DOROSHCHENKOV Yaroslav Mikhailovich

Student, Bryansk State Technical University, Russia, Bryansk

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Digital Economics
at Bryansk State Technical University,*

Candidate of Pedagogical Sciences Tomashevsky Sergey Bronislavovich

USING A BUSINESS SIMULATION APPROACH IN BUILDING CI/CD, CONTINUOUS TESTING, AND SOFTWARE TESTING AUTOMATION PYRAMIDS

Abstract. *The article examines the relationship between business simulators as computer simulation models of an enterprise and modern software testing automation models. Special attention is paid to CI/CD, continuous testing and the automation pyramid. It is shown that these approaches combine modeling of real situations, repeated reproduction of scenarios, automatic processing of results and reduction of the influence of the human factor.*

Keywords: *business simulator, test automation, CI/CD, Continuous Testing, testing pyramid, test environment.*

КАНТИМИРОВА Диана Марселевна

студентка,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

ГИМАЛЕТДИНОВА Карина Низаметдиновна

студентка,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

*Научный руководитель – старший преподаватель
Московского государственного университета технологий
и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)
Хисамутдинова Гузаль Римовна*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЛОЯЛЬНОСТИ ГОСТЕЙ В РЕСТОРАННОМ БИЗНЕСЕ

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема использования мобильных приложений в ресторанном бизнесе. Нами изучена роль мобильного приложения как инструмента цифровизации ресторана. Описана его интеграция с внутренними системами (CRM, кассой, кухней, доставкой и бонусами). Уделено внимание тому, как приложение повышает лояльность, удерживает аудиторию и автоматизирует работу с отзывами и акциями. Определены главные слагаемые успеха: удобный интерфейс, надежная защита данных и честная программа лояльности.

Ключевые слова: ресторанный бизнес, мобильное приложение, лояльность гостей, программа лояльности, персонализация.

Современный ресторан работает в условиях постоянного выбора со стороны посетителя. Гость видит меню конкурентов в телефоне, сравнивает отзывы, смотрит доставку, бронирует стол и быстро принимает другое решение. Кухня и обслуживание в зале остаются ценными, но контакт после оплаты чека часто теряется. Мобильное приложение закрывает разрыв между разовым визитом и дальнейшим общением с заведением.

Потребитель уже привык решать бытовые вопросы через экран смартфона. Для ресторана мобильный канал становится местом, где соединены меню, бонусы, история заказов, оплата и обратная связь.

1. Значение мобильных приложений в ресторанном бизнесе

Мобильное приложение в ресторане служит рабочим инструментом для связи с посетителем. Через него человек видит меню, делает

заказ, смотрит бонусы и получает сообщение о предложении. Бизнес получает канал, где контакт с аудиторией не зависит от случайного перехода в социальную сеть. Цифровые решения в управлении рестораном связаны с продажами, запасами, сервисом и клиентским опытом.

Для гостя ценность начинается с простоты. Не приходится звонить в зал, искать бумажное меню или помнить номер карты постоянного клиента. Приложение хранит историю покупок и сокращает время повторного заказа.

2. Понятие лояльности гостей и ее значение для ресторана

Лояльность гостя выражается в повторном выборе заведения. Человек возвращается, рекомендует ресторан знакомым, пишет отзыв и не уходит сразу к конкуренту из-за разовой скидки. В гостинично-ресторанном бизнесе лояльный потребитель связан с положительными

отзывами, рекомендациями и терпимым отношением к отдельным ошибкам сервиса. Для ресторана подобное поведение дает предсказуемую выручку.

Программа лояльности работает слабее, если гость не понимает ее правил. Баллы, статусы и подарки должны быть видны в личном кабинете без просьбы к официанту.

3. Основные функции мобильного приложения для гостей

Мобильный сервис для ресторана содержит несколько рабочих блоков. Они должны быть связаны с реальным обслуживанием, иначе приложение превращается в красивую витрину без пользы. Системы лояльности в общественном питании строятся вокруг удержания клиента, скидок, бонусов и повторных визитов. Основные функции представлены в таблице.

Таблица

Основные функции мобильного приложения ресторана

№	Функция	Практическое содержание
1	Личный кабинет гостя	Хранение контактов, истории заказов и статуса бонусной карты
2	Электронное меню	Просмотр блюд, состава, цены, фотографий и доступности позиций
3	Онлайн-заказ	Оформление доставки, самовывоза или предзаказа в зал
4	Бронирование столика	Выбор даты, времени, количества гостей и комментария к визиту
5	Бонусная программа	Начисление баллов, списание скидки и показ уровня гостя
6	Push-уведомления	Сообщения о новинках, акциях, заказе и сроке действия бонусов
7	Персональные предложения	Подбор скидок с учетом частоты визитов и любимых позиций
8	Обратная связь	Сбор оценок, жалоб, благодарностей и предложений после посещения

4. Бонусные программы и персональные предложения

Бонусная система в приложении делает выгоду видимой. Гость открывает экран и сразу понимает, сколько баллов накоплено, какую скидку он получит и до какого дня действует подарок. Персональные предложения строятся по истории заказов, частоте визитов и любимым категориям меню. Цифровые экосистемы связаны с работой по клиенту, спросом, ценностью и программами лояльности.

Персонализация требует аккуратности. Предложение любимого десерта выглядит уместно после нескольких заказов. Но слишком точное обращение иногда создает ощущение слежки. Гость ценит внимание, пока оно не переходит в навязчивость. Ресторану нужен понятный баланс между заботой и личной границей.

Многоуровневая программа хорошо работает в сетевых кафе с регулярными покупками. Статус гостя растет после визитов, заказов через приложение и участия в акциях. Подарок ко дню рождения, бесплатный напиток или повышенный кешбэк усиливает желание вернуться.

5. Push-уведомления и коммуникация с гостями

Push-уведомление возвращает ресторан в поле внимания гостя. Сообщение сообщает о

готовности заказа, новой позиции меню, свободном столике или скором сторании бонусов. Исследования пользовательского опыта относят push-сообщения среди основных функций мобильных приложений, связанных с реакцией человека на контент. В ресторанном бизнесе канал работает лучше, когда текст короткий и связан с понятной выгодой.

Частые сообщения вредят отношению к бренду. Рассылка должна учитывать время, историю визитов и реальный интерес гостя.

Коммуникация через приложение не сводится к скидкам. Ресторан присылает статус доставки, благодарит за отзыв, просит оценить обслуживание и сообщает об изменении брони. Цифровой контакт становится частью сервиса, если снимает тревогу клиента. Сообщение о задержке заказа раздражает меньше, чем полная тишина со стороны кухни и администратора.

6. Интеграция мобильного приложения с CRM, кассой и доставкой

Приложение работает полноценно при связи с внутренними системами ресторана. Заказ из телефона должен попадать на кухню, сумма оплаты должна отражаться в кассовом учете, сведения о визите должны уходить в CRM. Мобильные сервисы в бизнес-процессах служат для обслуживания клиентов, персонализированного маркетинга и электронных

платежей. Без интеграции персонал вручную переносит информацию, что повышает риск ошибки.

Связка с CRM дает ресторану историю отношений с гостем. Администратор видит частоту посещений, любимые позиции, реакцию на акции и оценки сервиса.

Интеграция с доставкой связана с доверием. Гость ждет точного времени, статуса сборки, имени курьера или пункта выдачи. Если экран не обновляется, у человека возникает ощущение, что заказ потерян. Для ресторана ошибка в цифровом канале быстро переходит в претензию к кухне, хотя блюдо приготовлено правильно.

7. Преимущества мобильных приложений для повышения лояльности гостей

Мобильное приложение увеличивает число точек контакта с гостем. Ресторан напоминает о себе не через случайную рекламу, а через личный кабинет, историю заказа и бонусы. В современных подходах к удержанию клиентов цифровые каналы поставлены рядом с вниманием пользователя и приверженностью бренду. Постоянный посетитель видит выгоду и быстрее совершает повторное действие.

Для гостя преимущество связано с удобством. Он открывает меню, видит цену, делает заказ, списывает баллы и получает ответ без ожидания звонка. В современных формах продвижения ресторанной деятельности программы лояльности, digital-маркетинг и клиентский опыт идут рядом. Сервис становится частью впечатления от заведения, хотя иногда посетитель вспоминает приложение только тогда, когда оно подвело.

8. Проблемы внедрения мобильных приложений

Разработка мобильного сервиса требует затрат на проектирование, дизайн, программирование, интеграцию и поддержку. Малое кафе часто не готово оплачивать отдельную команду и обновления. Цифровая трансформация ресторанного бизнеса связана с мобильными приложениями, персонализацией, конфиденциальностью и сложностью внедрения. Ошибка руководителя состоит в ожидании быстрого роста продаж сразу после запуска.

Проблемы появляются уже во время наполнения. Меню должно совпадать с реальным наличием блюд, цены должны обновляться без задержки, фотографии не должны обманывать ожидания. При плохой настройке гость делает заказ и затем слышит от оператора, что блюда

нет. После подобного случая бонус в сто рублей не всегда спасает доверие.

Отдельная трудность связана с отзывами. Приложение собирает оценки быстрее, чем бумажная анкета на столе. Цифровые инструменты контроля качества в общественном питании фиксируют жалобы, оценки и реакцию персонала. Но сбор мнений дает пользу только при разборе причин. Если ресторан отвечает шаблонно, канал превращается в склад недовольства.

Мобильный сервис нуждается в продвижении среди посетителей. Официант должен объяснить пользу, QR-код должен стоять на видном месте, первый вход должен занимать минимум времени. Часть гостей не хочет ставить еще одно приложение ради одного ужина. Сомнение понятно. Ресторану придется доказать, что место в телефоне будет занято не зря.

В заключение отмечаем, что внедрение мобильных приложений в ресторанном бизнесе является эффективным инструментом трансформации потребительского опыта и перевода случайных гостей в категорию лояльных. Использование мобильных приложений изменяет ресторанный бизнес. Мобильные приложения позволяют собирать детализированные профили гостей: историю заказов, средний чек, частоту посещений и персональные предпочтения. Цифровизация программ лояльности минимизирует издержки на маркетинг и обеспечивает ресторанам устойчивое конкурентное преимущество за счет аналитики данных о поведении клиентов.

Литература

1. Борейко В.Н. Роль цифровых технологий в управлении ресторанным бизнесом // Креативная экономика. 2024. Т. 18, № 9. С. 2343-2354.
2. Какаджанов Н.Г. Системы повышения лояльности клиентуры в организациях общественного питания // Молодой ученый. 2022. № 25 (420). С. 416-419.
3. Кантимирова Д.М., Гималетдинова К.Н. Особенности использования Wi-Fi как инфраструктурной основы взаимодействия персонала в ресторанном бизнесе // Актуальные исследования. 2026. № 16 (302). Ч. I. С. 66-68. URL: <https://apni.ru/article/14892-osobennosti-ispolzovaniya-wi-fi-kak-infrastrukturnoj-osnovy-vzaimodejstviya-personala-v-restorannom-biznese> (Дата обращения: 28.05.2026).

4. Кантимирова Д.М., Гималетдинова К.Н. Программное обеспечение контроля и управления ресторанным бизнесом // Актуальные исследования. 2026. № 22 (308). URL: [https://apni.ru/article/15274-programmnoe-obespechenie-kontrolya-i-upravleniya-](https://apni.ru/article/15274-programmnoe-obespechenie-kontrolya-i-upravleniya-restorannym-bizneso)

restorannym-bizneso (Дата обращения: 28.05.2026)

5. Качановский В. Мобильные приложения в эпоху цифровизации: роль UX-дизайна и модульной архитектуры в создании успешного пользовательского опыта // Молодой ученый. 2024. № 42 (541). С. 1-5.

KANTIMIROVA Diana Marselevna

Student,

Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

KHISAMUTDINOVA Guzal Rimovna

Student,

Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

*Scientific Advisor – Senior lecturer at the Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (First Cossack University) Himaletdinova Karina Nizametdinovna*

USING MOBILE APPLICATIONS TO INCREASE GUEST LOYALTY

Abstract. *The article discusses the actual problem of using mobile applications in the restaurant business. We have studied the role of the mobile application as a tool for digitalization of the restaurant. Its integration with internal systems (CRM, cashier, kitchen, delivery and bonuses) is described. Attention is paid to how the application increases loyalty, retains the audience and automates work with reviews and promotions. The main components of success have been identified: a user-friendly interface, reliable data protection and an honest loyalty program.*

Keywords: *restaurant business, mobile application, guest loyalty, loyalty program, personalization.*

САГИТОВА Ангелина Римовна

студентка,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

КАНТЮКОВА Арина Рустамовна

студентка,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

ТЯБИНА Анна Наильевна

ассистент,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

ХИСАМУТДИНОВА Гузьяль Римовна

старший преподаватель,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия, г. Москва

ЭКОНОМИКО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ И ЗАЩИТЫ ОТ УЯЗВИМОСТЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается вопрос безопасности мобильных приложений, становящейся все более актуальной в свете роста числа киберугроз, утечек данных и увеличения числа пользователей мобильных устройств. Необходимость в надёжной защите повышается, особенно с учетом того, что мобильные приложения часто имеют доступ к конфиденциальной информации пользователей. В данной статье мы более подробно остановимся на основных экономико-правовых аспектах данной темы: значение безопасности, основные риски, правовые нормы и перспективы экономико-правовых механизмов. А также рассмотрим, как в Российской Федерации и мировой практике комплексом нормативных актов осуществляется регулирование безопасности мобильных приложений и защиты персональных данных.

Ключевые слова: безопасность, риск, мобильное приложение, экономико-правовые нормы.

Значение безопасности мобильных приложений в современном цифровом пространстве

В современном цифровом мире, где обмен информацией происходит на высоких скоростях, а мобильные приложения активно используются для доступа к личным данным, финансовым операциям и другой конфиденциальной информации, значимость безопасности приобретает особую актуальность, поэтому рассмотрим основные причины важности сохранения:

1. Кризис доверия. Современные пользователи становятся все более осведомленными о рисках, связанных с использованием

мобильных приложений: утечки данных, кибератаки и другие инциденты, которые могут существенно подорвать доверие к приложениям и компаниям. Безопасные приложения способствуют формированию доверия между пользователем и разработчиком, что является ключом к успешной работе на рынке.

2. Защита персональных и финансовых данных. Мобильные приложения часто требуют доступа к личной информации пользователей – контактам, местоположению, финансовым данным и прочим критически важным данным, поэтому обеспечение безопасности этих данных является первоочередной задачей для разработчиков. Несанкционированное

раскрытие или утеря такой информации может привести не только к финансовым потерям пользователей, но и к серьезным последствиям для репутации компании.

3. Соблюдение законодательства и стандартов. В мире существует множество регуляций, касающихся защиты данных, таких как Общий регламент по защите данных (GDPR) в Европе и Закон о защите личной информации в Калифорнии (CCPA). Несоблюдение данных норм может привести к штрафам и юридическим последствиям. Правильное соблюдение всех требований законодательства требует от разработчиков постоянного внимания к безопасности мобильных приложений.

4. Рост числа угроз. С увеличением популярности мобильных приложений возрастает и число киберугроз. Киберпреступники разрабатывают новые методы атак, такие как фишинг, malware, взлом аутентификации и т.д. Таким образом, безопасность приложений становится неотъемлемой частью процесса разработки и требует внедрения многоуровневых стратегий защиты.

5. Инновации и адаптация к новым технологиям. С развитием искусственного интеллекта, блокчейна и интернета вещей (IoT),

появляются новые уязвимости и угрозы, и оказываются частью цифрового ландшафта. Важными элементами становятся инновационные подходы к безопасности, включая использование ИИ для обнаружения необычных паттернов поведения или для автоматизации тестирования безопасности.

6. Реакция на инциденты и безопасность. Наличие эффективного плана реагирования на инциденты позволяет компаниям быстро и организованно реагировать на угрозы. Применение принципов безопасного проектирования (Secure by Design) и создание системы для обновления и управления безопасностью приложений в реальном времени помогает минимизировать потенциальные ущербы.

Основные экономические риски, связанные с уязвимостями мобильных приложений

Экономические риски, связанные с уязвимостями мобильных приложений, многогранны и могут существенно повлиять на финансовые результаты, репутацию и устойчивость компаний, которые их разрабатывают и используют. Подробнее перечислим основные виды рисков в таблице:

Таблица

Виды рисков	
Риски	Описание
Финансовые потери	Уязвимости могут привести к утечкам данных или кибератакам, что требует немедленных финансовых вложений для устранения последствий. Затраты могут включать: услуги кибербезопасности для устранения уязвимостей, расходы на восстановление и восстановление данных, и приобретение программного обеспечения для защиты данных.
	Компании могут столкнуться с серьезными штрафами за нарушение законодательства о защите данных (например, GDPR, CCPA). Размеры штрафов могут быть значительными, в том числе: <ul style="list-style-type: none">До 4% от общего годового оборота компании по GDPR.Штрафы за нарушение других местных и международных норм.
Потеря клиентов и снижение доходов	Потеря данных или другие инциденты безопасности могут привести к потере доверия пользователей, клиенты могут отказаться от использования приложения и перейти к конкурентам, что приведет к снижению доходов. Исследования показывают, что пользователи более склонны избегать приложений, которые имеют плохую репутацию в области безопасности.
	Убытки от репутационных потерь – негативное освещение инцидентов в СМИ может повредить репутации бренда и уменьшить привлечение новых клиентов. Потеря бренда может привести к длительным финансовым последствиям, так как восстановление имиджа требует времени и инвестиций.

Риски	Описание
Увеличение затрат на страхование	Компании, которые сталкиваются с инцидентами безопасности, могут подвергаться повышению ставок на страхование. Страховые компании могут увеличить премии или даже отказывать в страховом покрытии для компаний с высокой степенью уязвимости. Киберстрахование становится все более важным элементом бизнес-стратегии, однако его стоимость может существенно возрасти после инцидента.
Затраты на юридические разбирательства	В случае несанкционированного доступа предприятия могут столкнуться с судебными исками со стороны клиентов, партнеров или регулирующих органов. Затраты на юридические услуги, судебные издержки и компенсации могут значительно увеличить общий ущерб.
Снижение роста и инвестиций	Инвесторы и акционеры могут стать более осторожными в отношении компаний, подвергающихся высокой угрозе кибератак или имеющих историю безопасности. Финансовые проблемы могут ограничить возможности для инноваций и роста, что негативно сказывается на долгосрочных перспективах компании.

Экономические риски, связанные с уязвимостями мобильных приложений, многогранны и могут оказать значительное влияние на компании, поскольку они, игнорируя безопасность, рискуют не только финансовыми потерями, но и ухудшением репутации, что может повлечь за собой долговременные последствия. Ключевые факторы, способствующие снижению этих рисков и обеспечению устойчивости бизнеса в современном цифровом ландшафте – это инвестирование в безопасность мобильных приложений, обучение сотрудников и соблюдение законодательства.

Правовые нормы и регулирование безопасности мобильных приложений в России и международной практике

Создание правовых норм и механизмов регулирования, направленных на защиту данных пользователей и обеспечение безопасности мобильных решений становится необходимым. Этот процесс охватывает как российские, так и международные правовые системы. Укажем основные существующие правовые нормы и регулирование безопасности мобильных приложений:

Российское регулирование

В России вопросы безопасности мобильных приложений серьёзно регулируются законодательством, которое охватывает как защиту персональных данных, так и общие принципы кибербезопасности.

1. Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных» – это основной закон, регулирующий обработку и

защиту персональных данных граждан в России. Основные положения закона включают:

- Согласие на обработку данных – компании обязаны получать согласие пользователей на обработку их персональных данных; это согласие должно быть явным, осознанным и конкретным.
- Требования к безопасности – необходимость внедрения адекватных мер безопасности для защиты персональных данных от несанкционированного доступа, утечек и других угроз.
- Право на доступ – пользователи имеют право знать, какие данные собираются о них, и требовать исправления или удаления этой информации.
- Передача данных за пределы России – запрещена передача персональных данных за пределы России, если соответствующие данные не защищены аналогично требованиям законодательства.

2. В России разработаны и внедрены несколько стандартов, касающихся безопасности информации, например:

- ГОСТ Р 50922-2006 «Защита информации. Основные термины и определения»: данный стандарт устанавливает требования к системам защиты персональных данных и нормам проводки информации; он актуален для всех организаций, обрабатывающих персональные данные.
- ГОСТ Р 56939-2024 «Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования» определяет

общие положения по обеспечению безопасности и защиты информации в информационных системах, и устанавливает требования к созданию безопасного программного обеспечения (ПО).

Указанные стандарты обязательны для применения и помогают удостовериться в соблюдении актов о защите информации. Следует отметить, что стандарты регулярно обновляются, чтобы соответствовать новым угрозам и технологиям. Разработчики мобильных приложений должны внимательно следить за изменениями в нормативной базе и своевременно адаптировать свои продукты к новым требованиям.

3. Постановление Правительства РФ № 1119 от 1 ноября 2012 года «О требованиях к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» уточняет, какие меры безопасности необходимо применять для защиты персональных данных в информационных системах, включая мобильные приложения.

Система включает: технические меры – операторы должны внедрять меры по защите информации, такие как шифрование, контроль доступа, мониторинг систем, и обеспечение физической безопасности серверов; организационные меры – внутренние регламенты и политики должны быть разработаны для соблюдения законодательства о персональных данных и обеспечения их безопасности.

4. Законодательство в области кибербезопасности включает:

- Федеральный закон от 26 июля 2017 года № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» определяет требования к защите информационных систем, а также обязанности операторов критической информационной инфраструктуры (КИИ) по выявлению и предотвращению инцидентов. Закон обязывает организации разрабатывать и внедрять меры по защите информации, а также уведомлять государственные органы о киберинцидентах.

- Федеральный закон от 7 июля 2003 года № 126-ФЗ «О связи» регулирует отношения в области связи в России, включая предоставление услуг связи, защиту прав потребителей, а также порядок лицензирования и регулирования деятельности операторов связи.

5. Регулирование со стороны Роскомнадзора:

Роскомнадзор, Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных

технологий и массовых коммуникаций, осуществляет контроль за соблюдением законодательства о персональных данных. Основные функции включают: проведение проверок соблюдения норм законодательства; выдача предписаний об устранении нарушений; наложение штрафов за несоблюдение требований по защите персональных данных.

Международное регулирование

В разных странах мира действуют собственные правовые нормы, регулирующие этот вопрос, однако можно выделить общие тенденции международной практики.

1. Общий регламент по защите данных (GDPR):

GDPR (General Data Protection Regulation) – это закон, принятый в Европейском Союзе (ЕС) 27 апреля 2016 года и вступивший в силу 25 мая 2018 года, регулирующий защиту персональных данных всех граждан ЕС. Он имеет значительное влияние на мобильные приложения, так как предполагает:

- **Согласие пользователя:** компании обязаны получать ясное и обоснованное согласие пользователей на обработку их данных, а также информировать их о способах использования этих данных.
- **Право на доступ и удаление данных:** пользователи имеют право на доступ к своим данным и возможность требовать их удаления.
- **Обязанности по уведомлению о нарушениях:** если происходит утечка данных, компании обязаны уведомить соответствующие органы и пострадавших пользователей в течение 72 часов после обнаружения инцидента.

GDPR создает строгие требования к разработчикам мобильных приложений, что облегчает защиту прав пользователей и способствует повышению уровня безопасности приложений.

2. Закон о защите персональных данных Калифорнии (CCPA):

CCPA (California Consumer Privacy Act) – закон, принятый 28 июня 2018 года и вступивший в силу 1 января 2020 года, предоставляет жителям Калифорнии право знать, какие персональные данные о них собираются, и как они будут использоваться. Основные положения законодательства содержат:

- **Право на доступ:** пользователи могут запрашивать информацию о том, какие данные собираются, и требуют их удаления.
- **Запрет на продажу данных:** компании обязаны предоставить пользователям

возможность отказаться от продажи их данных третьим лицам.

- Уведомление об изменениях: компании должны уведомлять пользователей о любых изменениях в политиках конфиденциальности.

ССРА активно воздействует на мобильные приложения, так как требует от разработчиков повышения прозрачности и ответственности по отношению к пользователям.

3. Закон о кибербезопасности:

В США нормы кибербезопасности, хотя и не собраны в единый закон, но регулируются рядом федеральных и государственных законов:

- CISA (Cybersecurity Information Sharing Act) – Закон о безопасности критической инфраструктуры предполагает сотрудничество между государственным и частным секторами для улучшения кибербезопасности.

- COPPA (Children's Online Privacy Protection Act) – Закон о безопасности и конфиденциальности детей в Интернете защищает личные данные пользователей младше 13 лет и требует от родителей согласия на сбор таких данных.

Примеры других стран и регионов:

1. Закон о защите личной информации (Privacy Act, 1988 г.) в Австралии регулирует обработку персональных данных и требует от организаций соблюдения принципов конфиденциальности, включая защиту данных и прозрачность в отношении методов обработки.

2. Закон о защите персональных данных (Personal Data Protection Act) в Сингапуре, подобно GDPR, регулирует обработку персональных данных, устанавливает права субъектов данных и требует от компаний принятия мер по защите данных. PDPA требует, чтобы организации получали согласие на обработку данных и уведомляли пользователей о целях обработки.

3. В Канаде Закон о защите личной информации и электронных документов (Personal Information Protection and Electronic Documents Act, PIPEDA) регулирует сбор и использование персональных данных в коммерческих целях, что также актуально для мобильных приложений.

Перспективы развития экономико-правовых механизмов защиты мобильных приложений в условиях роста киберугроз

Для соответствия быстро меняющимся угрозам, методы регулирования и обеспечения безопасности мобильных приложений будут

стремиться к более строгим, интуитивным и адаптивным подходам. Обозначим основные перспективы в этой области:

1. Создание новых нормативно-правовых актов и увеличение ответственности компаний. Введение более строгих требований к разработчикам и владельцам мобильных сервисов позволит повысить уровень ответственности за утечки данных и кибератаки, которое учитывало бы изменения в технологиях и угрозах. Компании будут подвержены более строгой ответственности за утечки данных и инциденты кибербезопасности – это будет включать значительные штрафы (репутационные издержки), что стимулирует бизнесы больше инвестировать в безопасность и применять практики управления рисками.

2. Интеграция технологий и стандартов безопасности. Стандарты, такие как OWASP Mobile Security Testing Guide (MSTG), становятся основой для разработки безопасных мобильных приложений. Внедрение и популяризация таких стандартов будут способствовать формированию культуры безопасности на этапе проектирования. Между тем технологии раннего обнаружения угроз, основанные на искусственном интеллекте и машинном обучении, будут активно использоваться для выявления и реагирования на инциденты безопасности. Правовые механизмы должны учитывать эти технологии и способствовать их интеграции.

3. Киберстрахование и финансовая защита. Экономико-правовые механизмы смогут включать расширение киберстрахования, что позволит компаниям защитить себя от финансовых потерь в случае кибератак. Страхование будет охватывать: убытки от утечек данных; расходы на восстановление после атак и на юридические издержки; обеспечение риск-менеджмента для защиты данных пользователей и в области соблюдения законодательства.

4. Образование и повышение осведомленности. Значительной составляющей защиты мобильных приложений является образование, потому что разработка курсов и программ обучения для разработчиков по кибербезопасности поможет повысить уровень знаний и снизить риск ошибок при разработке безопасных приложений. Операторы приложений могут активнее трудиться для информирования пользователей о безопасности и рисках, связанных с использованием приложений. Обучение пользователей также уменьшит

вероятность успешных атак, направленных на их личные данные.

Важно ещё раз подчеркнуть, что экономико-правовые аспекты данной области играют ключевую роль в формировании комплексной системы защиты данных и обеспечения безопасного пользовательского опыта.

Правовые требования, установленные как на национальном, так и на международном уровнях, создают обязательства для разработчиков и владельцев мобильных приложений. Соблюдение норм законодательства, таких как Федеральный закон «О персональных данных» и международные стандарты, направлено не только на защиту прав пользователей, но и на минимизацию рисков юридической ответственности и финансовых затрат для компаний.

Важным аспектом также является взаимодействие с пользователями: прозрачность процессов обработки и хранения данных, а также информирование пользователей о принятых мерах безопасности формируют доверие и лояльность по отношению к мобильным приложениям.

Перспективы развития экономико-правовых механизмов защиты мобильных приложений включают в себя: жесткое законодательство, интеграцию новых технологий, развитие киберстрахования, международное сотрудничество и образовательные инициативы – эти механизмы должны смещаться в сторону проактивного подхода к безопасности, что позволит не только защищать пользователи, но и предостерегать компании от потенциальных угроз. Выросшая осведомленность о киберугрозах и разработка более строгих правовых норм для защиты мобильных приложений будет определять будущее безопасности в цифровом пространстве.

Литература

1. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. –

2006. – № 31 (часть I). – Ст. 3451.

2. Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 31 (часть I). – Ст. 4736.

3. Федеральный закон «О связи» 07.07.2003 № 126-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2003. – № 28 (часть I). – Ст. 2895.

4. ГОСТ Р 50922-2006 «Защита информации. Основные термины и определения».

5. ГОСТ Р 56939-2024 «Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования».

6. Постановление Правительства РФ № 1119 от 01.11.2012 «О требованиях к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2012. – №45. – Ст. 6257.

7. Сагитова А.Р., Закирова Ю.Р., Кантюкова А.Р. Безопасность пользователя при взаимодействии с Android-приложениями // Актуальные исследования. 2025. № 44 (279). Ч. I. С. 41-45. URL: <https://apni.ru/article/13426-bezopasnost-polzovatelya-pri-vzaimodejstvii-s-android-prilozheniyami>.

8. Арефьев А.В., Гордиенко В.В., Смолина О.В. Правовые проблемы использования персональных данных в мобильных приложениях: от получения согласия до шифрования // Auditorium. 2025. № 3 (47).

9. Безопасность мобильных приложений: защита от угроз и уязвимостей – [Электронный ресурс] – URL: <https://sky.pro/wiki/profession/problemy-bezopasnosti-mobilnyh-prilozhenij/>.

10. Защита персональных данных в мобильных приложениях: как не нарушить закон – [Электронный ресурс] – URL: https://habr.com/ru/companies/swordfish_security/articles/826132/.

SAGITOVA Angelina Rimovna

Student,

Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

KANTYUKOVA Arina Rustamovna

Student,

Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

TYABINA Anna Nailevna

Assistant Professor,

Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

KHISAMUTDINOVA Guzyal Rimovna

Senior Lecturer,

Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Russia, Moscow

ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS OF ENSURING THE SECURITY OF MOBILE APPLICATIONS AND PROTECTING THEM FROM VULNERABILITIES

Abstract. *The article discusses the issue of mobile application security, which is becoming increasingly relevant in the light of the growing number of cyber threats, data leaks and the increasing number of mobile device users. The need for reliable protection is increasing, especially given that mobile applications often have access to confidential user information. In this article, we will take a closer look at the main economic and legal aspects of this topic: the importance of security, the main risks, legal norms and prospects of economic and legal mechanisms. We will also examine how the Russian Federation and global practices regulate the security of mobile applications and the protection of personal data through a set of regulations.*

Keywords: *security, risk, mobile application, economic and legal regulations.*

ТРИГУБЕНКО Антон Васильевич

студент, Красноярский государственный аграрный университет, Россия, г. Красноярск

ГОРБУНОВА Юлия Викторовна

кандидат биологических наук, доцент,

Красноярский государственный аграрный университет, Россия, г. Красноярск

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЗОРА В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ НА ПРИМЕРЕ САМОВОЛЬНОГО ЗАНЯТИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА

Аннотация. В статье приведен анализ применения беспилотного летательного аппарата в области государственного земельного надзора для предотвращения нарушения земельного законодательства.

Ключевые слова: земельный надзор, БПЛА, аэрофотосъемка, контроль, инспектор, мониторинг, беспилотник.

В условиях растущей необходимости эффективного контроля за использованием земельных ресурсов и соблюдением земельного законодательства, БПЛА представляют собой инновационный инструмент, способный значительно повысить эффективность мониторинга и инспекции [4].

Государственный земельный надзор представляет собой фундаментальную основу для рационального использования и охраны земель Российской Федерации [8]. Уполномоченные органы, ответственные за осуществление данного надзора, выступают в качестве механизма регулирования деятельности субъектов в сфере землепользования и сохранения земельных ресурсов. При проведении надзорных мероприятий критически важным аспектом является эффективное взаимодействие между различными ведомственными структурами [1].

На начало 2025 года государственные земельные инспекторы Росреестра Хакасии осуществили восемь контрольно-надзорных мероприятий с использованием БПЛА. За указанный период беспилотниками выполнено 38 полетов, обследовано 534 земельных участка общей площадью 2534 гектара.

В настоящее время аэрофотообследования земель в Хакасии проводятся на территориях сельскохозяйственного назначения, однако в ближайшем будущем зона проведения полетов будет расширена и затронет населенные пункты. Земельный надзор с применением беспилотных технологий осуществляется в

республике с 2023 года, в том числе в рамках реализации государственной программы «Национальная система пространственных данных».

В Хакасии продолжается проведение аэрофотосъемки земельных участков с целью совершенствования контроля за их использованием и сохранностью. В рамках нового цикла работы беспилотные аппараты Росреестра обследуют территорию площадью свыше 2800 гектаров, охватив приблизительно 600 земельных наделов. Кроме того, инспекторы на местах намерены провести проверку дополнительно 400 участков, как стало известно из пресс-службы Министерства имущественных отношений Хакасии.

Министерство напомнило, что плановые проверки, ранее проводившиеся Росреестром, были приостановлены в 2025 году. В настоящее время основное внимание уделяется обследованиям и мониторингу в рамках комплексных кадастровых работ, по результатам которых выявляются нарушения земельного законодательства. К наиболее частым нарушениям относятся несанкционированное присвоение земельных участков (например, перенос ограждений на общественные территории или превышение установленной площади по данным ЕГРН), а также использование земли без надлежащим образом оформленных прав. Собственникам рекомендуется легализовать захваченные территории, вернуть ограждения на

прежнее место или оформить права собственности на земельные участки.

Данная методика применяется также для обеспечения исполнения Закона № 518-ФЗ, который обязывает выявлять собственников ранее учтенной недвижимости. Если на участке расположено капитальное строение, такое как дом, баня или гараж, а сведения о нем отсутствуют в ЕГРН, возможно, речь идет о ранее учтенном объекте недвижимости. В отношении владельцев будет проведена профилактическая работа по внесению соответствующих данных в реестр.

Обследования осуществляются также в контексте проекта Росреестра, направленного на включение недвижимости в экономический оборот. Использование беспилотников позволяет определить правовой статус участка, факт наличия владельца и соответствие его целевому назначению. Освобожденные земли могут быть распределены среди граждан, а нарушителям будут выданы соответствующие предписания.

Самовольное занятие земельного участка в Республике Хакасия квалифицируется как использование земельного участка или его части субъектом, не обладающим соответствующими законодательно установленными правами на данную территорию, и влечет за собой административную ответственность.

На сегодняшний день проблема незаконного занятия земельных участков представляет собой одну из наиболее распространенных категорий земельно-имущественных правонарушений. Понятие данного правонарушения предполагает использование чужой земли в противоречие с волей собственника, выраженное надлежащим образом [3].

Последствия такого неправомерного использования могут быть весьма разнообразными: от использования участка не по целевому назначению, указанному в правоустанавливающих документах или сведениях ЕГРН, до полного уничтожения или выведения участка из эксплуатации. Следовательно, любая деятельность государственных органов власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан в сфере земельных отношений подпадает под надзор. Органы, осуществляющие надзорные функции в области соблюдения земельного законодательства, уделяют пристальное внимание данной проблеме, проводя плановые и внеплановые проверки в

отношении всех субъектов земельно-имущественных правоотношений [2].

За несоблюдение норм земельного законодательства предусмотрена ответственность, а также является правонарушением уклонение от участия в проверках, проводимых представителями земельного надзора, что влечет административную ответственность.

Ответственность за самовольное занятие земельного участка регламентирована статьей 7.1 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях. Согласно данной статье, неправомерное использование земельного участка или его части лицом, не имеющим установленных законом прав, влечет наложение административного штрафа: на граждан – от 1 до 1,5% кадастровой стоимости занятой части, но не менее пяти тысяч рублей; на должностных лиц – от 1,5 до 2% кадастровой стоимости участка, но не менее двадцати тысяч рублей; на юридических лиц – от 2 до 3% кадастровой стоимости участка, но не менее ста тысяч рублей. В случае отсутствия определенной кадастровой стоимости штраф составит: для граждан – от 5 до 10 тысяч рублей; для должностных лиц – от 20 до 50 тысяч рублей; для юридических лиц – от 100 до 200 тысяч рублей.

Самовольное занятие земельного участка, предусмотренное статьей 7.1 КоАП РФ, представляет собой одну из наиболее часто встречающихся проблем в сфере земельного законодательства и включает в себя возведение построек без надлежащих правоустанавливающих документов, установление ограждений без законных оснований, использование земель не по целевому назначению, а также расширение границ участков за счёт смежных земель.

Актуальность данной проблемы в Хакасии обусловлена несколькими факторами: обширными территориями с низкой плотностью населения, наличием труднодоступных участков в горной местности, недостаточной оснащённостью традиционных методов контроля и сложностью оперативного обнаружения нарушений на ранних этапах.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет кардинально повысить эффективность процесса выявления подобных нарушений.

Данный процесс включает следующие этапы:

Во-первых, планирование полёта, которое базируется на данных ЕГРН, обращениях

граждан и анализе рисков, с последующим определением оптимального маршрута, высоты и параметров съёмки.

Во-вторых, проведение аэрофотосъёмки по заданной траектории с получением ортофотоплана высокого разрешения (до 5 см/пиксель) и точной фиксации координат каждого снимка посредством GPS/ГЛОНАСС.

В-третьих, обработка полученных данных, включающая сшивание изображений в единый ортофотоплан, геопривязку к системе координат ЕГРН и, при необходимости, создание трёхмерной модели местности.

Четвёртый этап – анализ и выявление нарушений – заключается в сопоставлении фактических границ с данными ЕГРН для обнаружения признаков самовольного занятия, таких как новые постройки на незастроенных участках, ограждения, выходящие за установленные границы, изменения рельефа (выемки, насыпи) или следы техники на неосвоенных землях, с последующим формированием отчётов с указанием координат выявленных нарушений. Заключительным этапом является документальное оформление, которое предусматривает подготовку фотоматериалов с привязкой к координатам, составление акта осмотра с фиксацией выявленных нарушений и передачу материалов в компетентные органы для принятия соответствующих мер.

В мае 2026 года прокуратура Ширинского района Республики Хакасия добилась сноса самовольного строения в поселке Жемчужный, поскольку было установлено, что местный житель неправомерно возвел постройку на земельном участке, принадлежащем администрации сельсовета, в охранной зоне линии электропередач, что потребовало вмешательства прокуратуры.

В ходе обследования земельных участков в Усть-Абаканском районе беспилотный летательный аппарат обнаружил факты незаконной добычи полезных ископаемых. Квадрокоптер зафиксировал карьер на землях сельскохозяйственного назначения, предназначенных для растениеводства, что свидетельствует об использовании данного участка не по назначению. Данная информация о нарушении земельного законодательства была получена после рассекречивания аэрофотоснимков, сделанных с помощью БПЛА, и их сопоставления с данными объекта, содержащимися в Едином государственном реестре недвижимости. Инспекторы направили правообладателю

предостережение о недопустимости нарушения законодательства и провели разъяснительную беседу.

В качестве примера приведен земельный участок с выявленными нарушениями в ходе контрольного (надзорного мероприятия) без взаимодействия с контролируемым лицом. Контрольные (надзорные) мероприятия проведены путем:

- анализа поступивших материалов комплексных кадастровых работ,
- анализа сведений Единого государственного реестра недвижимости.

По итогам проведения комплексных кадастровых работ установлено, что фактическая площадь используемого земельного участка составляет 959 квадратных метров (рисунок). Кроме того, с юго-западной стороны примыкает и используется без надлежащих прав дополнительный земельный участок площадью 96 квадратных метров, который огорожен единым забором с земельным участком, имеющим кадастровый номер.

Согласно действующему законодательству, возведение ограждений и использование земельного участка в личных целях допускается исключительно после оформления соответствующих правоустанавливающих документов. Следовательно, выявлены признаки нарушения положений статей 25 и 26 Земельного кодекса Российской Федерации, выражающиеся в использовании дополнительного земельного участка в отсутствие закрепленных прав.

Статья 25 Земельного кодекса РФ, озаглавленная «Основания возникновения прав на землю», закрепляет следующие положения: права на земельные участки, предусмотренные главами III и IV ЗК РФ, возникают на основании гражданского законодательства и федеральных законов, а их возникновение подлежит государственной регистрации в соответствии с Федеральным законом «О государственной регистрации недвижимости».

Кроме того, государственная регистрация сделок с земельными участками является обязательной в случаях, оговоренных федеральными законами; а земельные участки, национализированные до 1 января 1991 года, не подлежат возврату, возмещению или компенсации.

Статья 26 Земельного кодекса РФ, касающаяся документов о правах на земельные участки, устанавливает два пункта: права на земельные участки, предусмотренные главами III и IV ЗК

РФ, удостоверяются документами в порядке, установленном Федеральным законом «О государственной регистрации недвижимости»; а договоры аренды, субаренды или безвозмездного пользования земельным участком, заключенные на срок менее одного года, не подлежат государственной регистрации, за исключением

случаев, предусмотренных федеральными законами.

В отношении контролируемого лица будет вынесено Предостережение о недопустимости нарушения установленных обязательных требований.



Масштаб 1:500

Рис. Ортофотоплан земельного участка

В связи с прогрессом в технологиях наблюдения и мониторинга, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) приобретают всё более важное значение в различных сферах, включая государственный земельный надзор [7]. Республика Хакасия, благодаря своим уникальным природным ресурсам и многообразию земельного фонда, является перспективным регионом для внедрения БПЛА в систему контроля за использованием земель.

На текущий момент в Республике Хакасия остро стоит задача усовершенствования контроля за землепользованием, особенно в части пресечения незаконного строительства, вырубки лесных насаждений и иных нарушений земельного законодательства [5].

Интеграция БПЛА в систему государственного земельного надзора потенциально способна значительно повысить результативность деятельности контролирующих органов [6]. При этом критически важным аспектом

является обеспечение соответствующей подготовки специалистов и создание необходимой инфраструктуры для обработки собранных данных.

Внедрение беспилотных летательных аппаратов в систему государственного земельного надзора в Республике Хакасия открывает новые горизонты для повышения эффективности контроля за использованием земельных ресурсов.

Литература

1. Кобаненко Т.И. Государственный земельный надзор / Т.И. Кобаненко, Т.С. Комард, О.П. Колпакова // Современные проблемы землеустройства, кадастров и природообустройства: Материалы Национальной научной конференции, Красноярск, 17 мая 2019 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 143-147. – EDN JXZPKS.

2. Алексеева Н.А., Истомина Л.А., Редников В.Л. Земельный надзор как функция управления и его эффективность на региональном уровне // Менеджмент: теория и практика. 2022. № 3-4. С. 25–34.

3. Летаева Е.А. Актуальные вопросы квалификации самовольного занятия земельного участка // Юридическая наука и правоохранительная практика. 2017. № 1 (39). С. 45–51.

4. Геоинформационные технологии в мониторинге и использовании земельных ресурсов / А.Ж. Батыкова, О.В. Богданова, В.А. Бударова [и др.]. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. – 156 с.

5. Овчинникова Н.Г. Применение беспилотных летательных аппаратов для ведения землеустройства, кадастра и градостроительства / Н.Г. Овчинникова, Д.А. Медведков. //

Экономика и экология территориальных образований. – 2019. – Т.3, №1.

6. Колпакова О.П. Современные методы государственного земельного надзора за использованием и охраной земельных ресурсов / Колпакова О.П. / Вестник КрасГАУ. 2020. № 11 (164). С. 24-29.

7. Парников В.Е., Афонин В.В., Далба-раев А.С. Использование беспилотных летательных аппаратов для проведения мониторинга земель // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 11–3 (86). С. 135–138.

8. Мещанинова Е.Г., Николюкина В.О. Перспективы использования БПЛА при осуществлении земельного надзора / Экономика и экология территориальных образований. Новочеркасск, 2018. т.2, № 3. С. 122-128.

TRIGUBENKO Anton Vasilyevich

Student, Krasnoyarsk State Agrarian University, Russia, Krasnoyarsk

GORBUNOVA Yulia Viktorovna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Krasnoyarsk State Agrarian University, Russia, Krasnoyarsk

THE PROSPECT OF USING UAVS DURING STATE LAND SUPERVISION IN THE REPUBLIC OF KHAKASSIA ON THE EXAMPLE OF UNAUTHORIZED OCCUPATION OF A LAND PLOT

Abstract. *The article provides an analysis of the use of an unmanned aerial vehicle in the field of state land supervision to prevent violations of land legislation.*

Keywords: *land supervision, UAV, aerial photography, control, inspector, monitoring, drone.*

ТРИНЦ Николай Евгеньевич

студент, Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж

*Научный руководитель – доцент Воронежского государственного технического университета,
кандидат филологических наук Козлова Виктория Вячеславовна*

SOFT SKILLS В IT И ПОЧЕМУ ОНИ ВАЖНЫ ПРОГРАММИСТУ

Аннотация. В статье рассматривается значение социальных навыков (soft skills) в профессиональной деятельности программистов. Проанализированы основные группы социальных навыков, их влияние на эффективность работы специалистов в сфере информационных технологий. Предложена модель компетенций гибких навыков программиста и методика их оценки. Сделан вывод о необходимости развития soft skills наряду с техническими навыками в процессе обучения и профессиональной деятельности.

Ключевые слова: soft skills, программист, IT-специалист, социальные навыки, коммуникация, командная работа.

В последние годы информационные технологии развиваются всё больше и больше. Вместе с этим увеличивается количество сфер деятельности, в которых востребованы программисты. Разработка программного обеспечения сегодня является командным процессом. Из-за этого от IT-специалистов требуются не только прикладные умения, но и способность эффективно работать в команде и быстро адаптироваться к изменениям.

Сейчас работодатели всё чаще оценивают не только технические знания, но и уровень развития социальных навыков – soft skills. Отсутствие таких навыков у специалиста может приводить к недопониманиям в команде и конфликтам, что снижает работоспособность.

Данная работа изучает влияние soft skills на профессиональную деятельность программиста, определение их роли в повышении эффективности работы IT-специалистов.

Изучение soft skills

В данной работе soft skills – это социальные навыки, которые помогают программисту взаимодействовать с другими людьми и эффективно работать в команде. В отличие от hard skills, которые связаны с профессиональными знаниями и техническими умениями, социальные навыки представляют собой личные качества специалиста.

К основным социальным навыкам программиста можно отнести: коммуникативные навыки; умение работать в команде; критическое мышление; умение распределять своё

время; способность к обучению; ответственность; стрессоустойчивость; адаптивность.

В этой работе предлагается модель компетенций социальных навыков программиста, которая включает четыре основных блока: коммуникативный, когнитивный, личностный и командный. Данная модель показывает, какие именно навыки помогают программисту работать более эффективно.

Коммуникативные навыки играют важную роль в работе программиста, так как разработка программного обеспечения чаще всего происходит в команде. Специалист должен уметь правильно доносить свои мысли и понимать требования других. К основным навыкам относятся: умение понятно объяснять технические решения; навыки делового общения; умение задавать вопросы; способность воспринимать замечания и рекомендации; ведение переписки по рабочим вопросам; участие в обсуждениях задач. Развитие коммуникации помогает избежать ошибок и недопонимания при выполнении проектов.

Когнитивные навыки связаны с мышлением программиста. Эти навыки помогают быстрее находить решения и адаптироваться к новым технологиям. К ним относятся: аналитическое мышление; критическое мышление; способность к обучению; умение искать и анализировать информацию; решение проблем; принятие решений. Развитие когнитивных навыков позволяет программисту быстрее развиваться профессионально.

Личностные качества отвечают за отношение специалиста к своей работе и показывают, насколько он ответственный. Они особенно важны для удалённой работы. В данный блок входят: ответственность; самодисциплина; организованность; стрессоустойчивость; мотивация к развитию; инициативность. Эти качества помогают программисту эффективно выполнять задачи, соблюдая сроки их выполнения.

Командные навыки необходимы для работы в коллективе. К основным командным навыкам относятся: умение работать в команде; умение решать конфликты; принятие мнений других участников; ответственность за общий результат. Развитие командных навыков способствует созданию комфортной рабочей атмосферы, что повышает работоспособность команды.

С помощью этой модели можно заметить, что эффективность работы программиста зависит от совокупности технических и социальных навыков.

Оценка уровня soft skills

Для оценки уровня развития социальных навыков можно использовать простую формулу:

$$S = (K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n)/n, \quad (1)$$

Где:

- S – общий уровень soft skills;
- K – оценки отдельных навыков;
- n – количество навыков.

Оценка может проводиться с помощью анкетирования, самоанализа или мнения руководителя. Это позволяет определить уровень развития социальных навыков и выявить какие из них стоит улучшить.

Выводы исследования

Как можно увидеть, развитие социальных навыков оказывает положительное влияние на профессиональную деятельность специалиста. Это улучшает взаимодействия в команде и повышает качество программных решений.

Программисты с развитыми soft skills быстрее адаптируются к изменениям и эффективнее взаимодействуют с коллегами.

С увеличением популярности удалённой работы и ростом международных IT-команд значение социальных навыков будет продолжать расти. Специалисты должны уметь самостоятельно организовывать свою работу и эффективно коммуницировать онлайн. Получается, что soft skills играют важную роль в профессиональной деятельности программиста, они оказывают влияние на эффективность его работы.

Предложенная модель компетенций может использоваться в образовательном процессе и профессиональной подготовке специалистов. Развитие soft skills является необходимым условием формирования успешного IT-специалиста в современных условиях.

Литература

1. Зеер Э.Ф. Психология профессионального образования / Э.Ф. Зеер. – Москва: Академия, 2019. – 320 с.
2. Гоулман Д. Эмоциональный интеллект / Д. Гоулман; пер. с англ. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 560 с.
3. Иванова Н.В. Развитие soft skills у студентов технических специальностей / Н.В. Иванова, А.А. Смирнов // Высшее образование в России. – 2020. – № 6. – С. 112-120.
4. Кузнецова Е.В. Формирование гибких навыков у будущих IT-специалистов в условиях цифровой экономики / Е.В. Кузнецова // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2022. – № 3(47). – С. 85-92.
5. Сафонова Н.А. Soft skills как фактор профессиональной успешности специалистов в сфере информационных технологий / Н.А. Сафонова, И.В. Романова // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 5. – С. 41-48.
6. Кови С.Р. Семь навыков высокоэффективных людей: мощные инструменты развития личности / С.Р. Кови; пер. с англ. – Москва: Альпина Паблишер, 2021. – 396 с.

TRINTS Nicolai Evgenievich

Student, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh

*Scientific Advisor – Associate Professor of Voronezh State Technical University,
Candidate of Philological Sciences Kozlova Victoria Vyacheslavovna*

SOFT SKILLS IN IT AND WHY THEY ARE IMPORTANT FOR A PROGRAMMER

Abstract. *The article discusses the importance of social skills (soft skills) in the professional activities of programmers. The main groups of social skills and their impact on the efficiency of specialists in the field of information technology are analyzed. A model of competencies for flexible skills of a programmer and a methodology for their assessment are proposed. The article concludes that it is necessary to develop soft skills along with technical skills during the learning process and professional activities.*

Keywords: *soft skills, programmer, IT specialist, social skills, communication, teamwork.*

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

НАЗАРОВ Иван Андреевич

студент, Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

*Научный руководитель – доцент Самарского государственного технического университета,
кандидат технических наук Давиденко Анна Юрьевна*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЛИЦОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛИСТОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ: АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Аннотация. В статье проведён систематический анализ технологий облицовки поверхностей листовыми материалами (гипсокартонными листами – ГКЛ, гипсоволокнистыми листами – ГВЛ, цементно-стружечными плитами – ЦСП, фиброцементными панелями). Выполнена классификация материалов по ключевым эксплуатационным параметрам, рассмотрены три метода крепления (каркасный, клеевой, комбинированный), выявлены типичные технологические нарушения и их причины. На основе анализа действующей нормативной базы (СП 71.13330.2017, ГОСТ 6266-97) предложены оптимизированная последовательность операций, матрица выбора материала и трёхэтапный контроль качества. Показана перспективность внедрения BIM-технологий при проектировании узлов облицовки.

Ключевые слова: облицовка поверхностей, листовые материалы, технология отделки, гипсокартон, цементно-стружечная плита, каркасный метод, BIM-технологии.

Введение

Отделочные работы составляют от 20 до 35% стоимости строительства жилых зданий и до 40% трудоёмкости [1, с. 87]. Технология «сухой» отделки листовыми материалами активно вытесняет «мокрые» процессы благодаря высокой скорости монтажа [2, с. 114]. Вместе с тем существуют нерешённые проблемы: отсутствие единой методологии выбора материала, недостаточная проработанность контроля качества, дефицит рекомендаций по устранению типичных дефектов.

Цель статьи – систематизировать технологии облицовки листовыми материалами, выявить характерные недостатки и предложить рекомендации по совершенствованию технологического процесса.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются технологии облицовки поверхностей листовыми материалами, применяемые в отечественном

строительстве. Методология работы включает системный анализ действующей нормативной базы (СП 71.13330.2017, ГОСТ 6266-97, ГОСТ Р 51829-2001), обобщение отечественного и зарубежного опыта [5; 6], а также сравнительный анализ технических характеристик материалов и методов крепления.

Результаты и их обсуждение

Классификация листовых материалов

ГКЛ (ГОСТ 6266-97) выпускается в обычном, влагостойком и огнестойком исполнениях; хорошо обрабатывается, но чувствителен к влаге [7]. ГВЛ (ГОСТ Р 51829-2001) армирован целлюлозными волокнами и применяется в полах и нагружаемых перегородках [8]. ЦСП обладает высокой влаго- и морозостойкостью при массе до 16 кг/м² [2, с. 118]. Фиброцементные панели сочетают малую массу с атмосферостойкостью и используются в вентилируемых фасадах.

Сравнительные характеристики материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики листовых отделочных материалов

Материал	Масса, кг/м ²	Влагостойкость	Область применения
ГКЛ/ГКЛВ	8–10	низкая/высокая	Интерьер
ГВЛ	10–13	средняя/высокая	Интерьер, полы
ЦСП	13–16	высокая	Фасад, влажные зоны
Фиброцемент	6–9	очень высокая	Фасад, интерьер

Методы крепления

Каркасный метод (профили UD/CD по ГОСТ 14918) обеспечивает монтаж на неровных основаниях и скрытую прокладку коммуникаций, однако уменьшает площадь на 15–50 мм с каждой стороны [3, с. 211]. Клеевой метод применяется при перепаде основания ≤ 20 мм на 2 м и критически зависит от качества подготовки поверхности [4, с. 321]. Комбинированный метод (клей + дюбели) снижает требования к основанию и рекомендован при вибрационных нагрузках.

Типичные дефекты и причины

Нарушение геометрии плоскости (отклонение > 3 мм на 2 м по СП 71.13330.2017) вызвано недостаточной жёсткостью каркаса [9]. Трещины по швам возникают при отсутствии деформационных зазоров 5–10 мм и неправильном армировании серпянкой [7]. Деформации ГКЛ предотвращаются ограничением влажности основания до 8% [8]. Отслоение листов при клеевом методе обусловлено загрязнённым

основанием и нарушением времени выдержки клея [4, с. 325].

Рекомендации по совершенствованию технологии

На основе анализа нарушений предлагается оптимизированная последовательность операций при каркасном методе:

1. Подготовка и грунтование основания, проверка влажности;
2. Разметка лазерным нивелиром;
3. Монтаж направляющих с уплотнительной лентой;
4. Установка стоек с шагом ≤ 600 мм;
5. Монтаж перемычек в зонах стыков;
6. Монтаж листов снизу вверх с зазором 10 мм от пола;
7. Шпаклёвание швов в три слоя с армированием серпянкой;
8. Финальный контроль рейкой 2 м (допуск ≤ 3 мм).

Рекомендации по выбору материала приведены в таблице 2.

Таблица 2

Матрица выбора листового материала

Условия эксплуатации	Материал	Метод крепления
Сухие помещения	ГКЛ	Каркасный/клеевой
Кухни, периодическое увлажнение	ГКЛВ/ГВЛ	Каркасный
Санузлы, душевые	ГКЛВ + гидроизоляция/ЦСП	Каркасный
Фасады, наружные работы	ЦСП/фиброцемент	Каркасный вентилируемый

Предлагается трёхэтапный контроль качества: входной (сертификаты, условия хранения), операционный (шаг и вертикальность профилей, влажность основания), приёмочный (плоскость рейкой 2 м, вертикальность, качество швов). Применение Revit или Renga при проектировании узлов облицовки сокращает потери материалов на 12–18% [6, с. 412].

Заключение:

1. Каждый вид листовых материалов имеет определённую область рационального применения, обусловленную влажностным режимом, нагрузками и требованиями к огнестойкости.

2. Трещинообразование по швам, нарушение геометрии и отслоение листов в большинстве случаев являются следствием нарушений технологической последовательности, а не дефектов материалов.

3. Предложенные оптимизированная последовательность операций, матрица выбора материала и трёхэтапный контроль позволяют систематизировать технологические решения и снизить брак при отделочных работах.

4. Внедрение BIM-инструментов при проектировании облицовочных систем является перспективным направлением снижения материалоёмкости и трудоёмкости.

Литература

1. Баженов Ю.М. Технология строительных изделий и конструкций. – М.: АСВ, 2003. – 256 с.
2. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. – Hoboken: Wiley, 2018. – 688 p.
3. ГОСТ 6266-97. Листы гипсокартонные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 1998.
4. ГОСТ Р 51829-2001. Листы гипсоволокнистые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2001.
5. Gypsum Association. GA-216: Application and Finishing of Gypsum Panel Products. – Washington DC: Gypsum Association, 2021. – 96 p.
6. Попов Н.А. Технология строительного производства. – М.: Стройиздат, 2008. – 528 с.
7. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87. – М.: Минстрой России, 2017.
8. Соколов Г.К. Технология и организация строительства. – М.: Академия, 2006. – 528 с.
9. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
10. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лапидус А.А. Технология возведения зданий и сооружений. – М.: Высшая школа, 2004. – 446 с.

NAZAROV Ivan Andreevich

Student, Samara State Technical University, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Associate Professor of Samara State Technical University,
Candidate of Technical Sciences Davidenko Anna Yurievna*

IMPROVEMENT OF SURFACE CLADDING TECHNOLOGY WITH SHEET MATERIALS: ANALYSIS OF METHODS AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS

Abstract. *The article presents a systematic analysis of surface cladding technologies using sheet materials (gypsum board – GB, gypsum fibreboard – GFB, cement particle board – CPB, fibre cement panels). Materials are classified by key performance parameters; three installation methods (frame, adhesive, combined) are examined and typical technological defects identified. Based on current regulatory standards (SP 71.13330.2017, GOST 6266-97), an optimised sequence of operations, a material selection matrix and a three-stage quality control procedure are proposed. The potential of BIM tools for designing cladding assemblies is demonstrated.*

Keywords: *surface cladding, sheet materials, finishing technology, gypsum board, cement particle board, frame method, BIM technologies.*

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

КУЗНЕЦОВА София Игоревна

студентка,

Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Россия, г. Краснодар

Научный руководитель – профессор кафедры организации производства и инновационной деятельности Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина, кандидат экономических наук Гурнович Татьяна Генриховна

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Аннотация. В статье рассматривается возможность оптимизации сроков хранения овощей и фруктов на основе прогнозируемых климатических аномалий температуры в отопительный период. Предлагается алгоритм принятия решений «управляемая выдержка» versus немедленная реализация продукции с учетом естественной убыли, динамики оптовых цен, тарифов на электроэнергию и углеродного следа холодильного хранения. Исследование базируется на данных международных организаций FAO, Европейской комиссии и статистике энергетических рынков. Показано, что использование прогнозов температурных аномалий позволяет повысить экономическую эффективность хранения на 8–15 % за счет корректировки сроков реализации продукции. Дополнительно установлено, что в условиях высоких тарифов на электроэнергию и роста выбросов CO₂ экономически оправданным становится дифференцированный подход к хранению отдельных категорий продукции.

Ключевые слова: овощи, фрукты, хранение продукции, климатические прогнозы, температурные аномалии, естественная убыль, оптовые цены, холодильное хранение, CO₂-выбросы, энергетические затраты.

Проблема сохранности плодоовощной продукции является одной из ключевых задач агропромышленного комплекса. Согласно данным Food and Agriculture Organization, потери фруктов и овощей на этапах хранения и транспортировки могут достигать 20–50 % в зависимости от климатических условий и уровня технологического оснащения. Особенно актуальной становится задача оптимизации хранения в условиях нестабильного климата и волатильности энергетических рынков. В странах Европы отопительный период сопровождается значительными изменениями цен на электроэнергию, а температурные аномалии влияют как на внешний тепловой баланс складов, так и на рыночное предложение сельскохозяйственной продукции. Современные системы хранения преимущественно ориентированы на поддержание фиксированных параметров температуры и влажности. Однако перспективным

направлением является применение климатических прогнозов для адаптивного управления сроками хранения продукции.

Цель исследования – разработка подхода к оптимизации сроков хранения овощей и фруктов на основе прогнозируемых температурных аномалий и экономических факторов.

Теоретические основы управляемого хранения. Плодоовощная продукция после уборки продолжает физиологическую активность: дыхание, испарение влаги и процессы созревания. Интенсивность этих процессов существенно зависит от температуры окружающей среды. Экономическая эффективность хранения определяется следующими факторами:

1. Естественная убыль продукции (% массы).
2. Изменение рыночной цены в период хранения.

3. Стоимость электроэнергии для холодильных установок.

4. Эксплуатационные выбросы CO₂.

При этом алгоритм принятия решения может иметь два сценария: не медленную реализацию продукции или управляемую выдержку (отложенная продажа при благоприятном прогнозе рынка).

В работе использованы:

1. Статистические материалы FAO;
2. Данные Европейской комиссии по тарифам на электроэнергию;
3. Исследования по постуборочным потерям продукции;
4. Аналитические данные по выбросам CO₂ в энергетике.

Для оценки эффективности хранения используется следующая модель прибыли:

$$P = Q_t \cdot C_t - (Q_0 \cdot L + E + CO_2 + S)$$

где: P – прибыль от хранения;

Q_t – объем продукции после хранения;

C_t – цена реализации;

L – потери от естественной убыли;

E – затраты на электроэнергию;

CO_2 – углеродные издержки;

S – эксплуатационные расходы склада.

Температурная аномалия определяется как отклонение прогнозируемой температуры от климатической нормы:

$$\Delta T = T_{forecast} - T_{norm}$$

При положительной аномалии нагрузка на холодильное оборудование возрастает, а при отрицательной – снижается.

Далее следует провести анализ факторов хранения. По данным FAO, средние потери фруктов и овощей при хранении составляют от 2 % до 23 % в развитых странах и могут превышать 30–50 % в развивающихся регионах. Рассмотрим таблицу 1, в которой представлена средняя естественная убыль плодоовощной продукции при хранении.

Таблица 1

Средняя естественная убыль плодоовощной продукции при хранении

Вид продукции	Средняя естественная убыль, %
Картофель	2-5
Яблоки	5-10
Томаты	12-25
Бананы	15-35
Клубника	до 23

Температурные аномалии отопительного периода существенно влияют на энергозатраты холодильных комплексов. По данным Европейской комиссии, рост температуры наружного воздуха на 1–2 °C может увеличивать нагрузку

на холодильные системы на 3–7%. Рассмотрим влияние температурных аномалий на энергопотребление склада, которое представлено в таблице 2.

Таблица 2

Влияние температурных аномалий на энергопотребление склада

Температурная аномалия	Изменение энергопотребления
- 3 °C	- 8 %
- 1 °C	- 3 %
+ 1 °C	+ 4 %
+ 3 °C	+ 9 %

Цены на овощи и фрукты имеют выраженную сезонность. В зимний период наблюдается рост цен вследствие сокращения предложения.

Условная динамика оптовых цен на яблоки представлена в таблице 3.

Таблица 3

Условная динамика оптовых цен на яблоки

Месяц	Цена, €/т
Сентябрь	420
Октябрь	450
Ноябрь	510
Декабрь	590
Январь	640

Составлено по материалам европейских оптовых рынков.

Рост цены способен компенсировать затраты на хранение при условии контролируемой естественной убыли.

В 2021–2024 гг. в странах ЕС наблюдался значительный рост цен на электроэнергию вследствие энергетического кризиса. В таблице 4 рассмотрим средние тарифы на электроэнергию для промышленных потребителей в ЕС.

Таблица 4

Средние тарифы на электроэнергию для промышленных потребителей в ЕС

Год	Средний тариф, €/МВт*ч
2020	70
2021	110
2022	220
2023	180
2024	145

Алгоритм «управляемой выдержки» включает следующие этапы:

1. Получение прогноза температурных аномалий на отопительный период.
2. Оценка ожидаемого энергопотребления холодильного комплекса.
3. Прогноз динамики оптовых цен.
4. Расчет естественной убыли продукции.
5. Определение ожидаемой прибыли хранения.

Решение принимается по критерию:

$$P_{storage} > P_{immediate}$$

Если ожидаемая прибыль от хранения превышает прибыль немедленной реализации, активируется режим управляемой выдержки.

Эксплуатация холодильных складов сопровождается выбросами CO₂, связанными с производством электроэнергии. По данным европейских энергетических исследований, углеродная интенсивность электроэнергии в ЕС постепенно снижается благодаря росту доли возобновляемых источников энергии. Оценка CO₂-выбросов при хранении продукции представлена в таблице 5.

Таблица 5

Оценка CO₂-выбросов при хранении продукции

Показатель	Значение
Потребление электроэнергии склада	120 кВт*ч/т
Средний коэффициент выбросов	0,23 кг CO ₂ /кВт*ч
Выбросы на 1 т продукции	27,6 кг CO ₂

Составлено на основе данных европейской энергетики.

Проведенное исследование показывает, что использование климатических прогнозов для управления сроками хранения овощей и фруктов позволяет существенно повысить экономическую эффективность логистических процессов. Основные выводы исследования:

1. Температурные аномалии оказывают значительное влияние на энергозатраты холодильного хранения.
2. Управляемая выдержка продукции экономически оправдана при прогнозируемом росте оптовых цен.
3. Естественная убыль продукции должна учитываться совместно с энергетическими и экологическими издержками.
4. В условиях роста тарифов на электроэнергию целесообразно применять адаптивные алгоритмы хранения.

5. Интеграция климатических прогнозов в системы управления складом позволяет сократить совокупные потери на 8–15 %.

Таким образом, развитие интеллектуальных систем хранения на основе климатических прогнозов является перспективным направлением цифровизации агрологистики.

Литература

1. ГОСТ Р 50419-92 (ИСО 2169-81). Фрукты и овощи. Физические условия хранения в охлаждаемых складских помещениях. Определения понятий и измерения. – М.: Госстандарт России, 1992
2. Аналитические отчеты по энергетическому рынку Европы, 2024-2025 годы
3. Европейская комиссия. Цены на электроэнергию в Европейском союзе. Брюссель, 2025 г.

4. Порат Р., Лихтер А., Терри Л. Послеуборочные потери фруктов и овощей в розничной торговле и на дому у потребителей. Информационная система сельскохозяйственных исследований, 2018 год.

5. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. Предотвращение

потерь фруктов, овощей и корнеплодов после сбора урожая. Рим: ФАО, 1989.

6. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. Роль послеуборочного контроля в обеспечении качества и безопасности плодоовощной продукции. Рим: ФАО.

KUZNETSOVA Sofia Igorevna

Student, I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Russia, Krasnodar

*Scientific Advisor – Professor of the Department of Production Organization and Innovation Activity of I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University,
Candidate of Economic Sciences Gurnovich Tatiana Genrikhovna*

OPTIMIZING THE SHELF LIFE OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS BASED ON CLIMATE FORECASTS

Abstract. *The article considers the possibility of optimizing the shelf life of fruits and vegetables based on predicted climatic temperature anomalies during the heating period. The decision-making algorithm "controlled exposure" versus immediate sale of products is proposed, taking into account natural loss, dynamics of wholesale prices, electricity tariffs and the carbon footprint of cold storage. The study is based on data from the international organizations FAO, the European Commission and energy market statistics. It is shown that the use of forecasts of temperature anomalies makes it possible to increase the economic efficiency of storage by 8-15% by adjusting the timing of product sales. Additionally, it has been established that in conditions of high electricity tariffs and rising CO2 emissions, a differentiated approach to the storage of certain product categories becomes economically justified.*

Keywords: *vegetables, fruits, product storage, climate forecasts, temperature anomalies, natural decline, wholesale prices, refrigeration, CO2 emissions, energy costs.*

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 23 (309)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

Email: info@apni.ru

Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 10.06.2026г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40