

АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

международный научный журнал // ISSN 2713-1513 // № 15 (301), 2026 // apni.ru



Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 15 (301)

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 (Высokотехнологический 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 биогеографии 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

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Власов А.Р., Лакреева В.Р.

ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ В ДВС 6

Добрынин Д.А.

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ РАБОТНИКОВ ВЫСТАВОЧНОГО
КОМПЛЕКСА ВДНХ..... 12

Кудрина Н.А.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОХРАНОЙ ТРУДА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ
МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ АО «ТЗМОИ»..... 19

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**La Quang Thien Son, Nguyen Tat Quan, Bui Hoang Nguyet Anh, Pham Tran Cong Hoang,
Nguyen Thi Nguyet**

COMPARATIVE ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF DETECTION, LIVENESS,
AND RECOGNITION MODELS IN AN INTEGRATED FACE-BASED ATTENDANCE
FRAMEWORK..... 22

**Nguyen Manh Kien, Duong Quoc Dat, Ngo Minh Hieu, Tran Thi Huyen Dieu,
Nguyen Thi Nguyet**

A MODULAR AND SECURITY-AWARE FACE RECOGNITION ARCHITECTURE
WITH INTEGRATED PRESENTATION ATTACK DETECTION FOR REAL-WORLD
ATTENDANCE SYSTEMS..... 27

Гусейнов Г.С.

МЕТОД ПРЕДИКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ
НА ОСНОВЕ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЛЕГКОВЕСНЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УМНОГО
ГОРОДА 33

Кязимли М.Д.

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ПРИЗНАКОВ
В ГИБРИДНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ..... 36

Сагитова А.Р., Кантюкова А.Р., Кантимерова М.Т.

ОСОБЕННОСТИ АНГЛИЙСКОЙ ЛЕКСИКИ В IT-СФЕРЕ..... 39

Сарипов Д.Р.

ОПТИМИЗАЦИЯ CPU-HEAVY ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ CSV-ФАЙЛОВ
ВО ФРОНТЕНД-ПРИЛОЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB WORKERS
И SHAREDARRAYBUFFER 45

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Горяев А.Ю.

СТРОИТЕЛЬСТВО СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ СТЕСНЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ 53

Сейф С.

СТРАТЕГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ «ПАМЯТИ МЕСТА» В АРХИТЕКТУРНЫЕ
ЭЛЕМЕНТЫ.....61

Шаповалов И.В.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МБУ «ПАРКА КУЛЬТУРЫ
И ОТДЫХА» САЛЬСКОГО ГОРОДСКОГО ПОСЕДЕНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ...64

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

Борисова Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИТГРасса НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА:
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАТУРАЛЬНОГО
ПРОДУКТА68

ФИЛОЛОГИЯ, ИНОСТРАННЫЕ ЯЗЫКИ, ЖУРНАЛИСТИК

Абдурахмонов М.М.

ИСТОРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
И СОЦИАЛЬНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЯХ
(НА ПРИМЕРЕ НАВОИЙСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН).....71

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, РЕЛИГИОВЕДЕНИЕ

Сафаров Т.Т.

СВЕДЕНИЯ О СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЯХ УЗБЕКОВ КУНГИРАТ....74

Щербинин А.Ю.

ПРАВОСЛАВНЫЙ И КАТОЛИЧЕСКИЙ ХРАМ: ДВА ПУТИ ЛИТУРГИЧЕСКОГО
ОЧИЩЕНИЯ (ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНО-БОГОСЛОВСКОГО АНАЛИЗА)78

КУЛЬТУРОЛОГИЯ, ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ, ДИЗАЙН

Карпова Е.К.

ФОРТЕПИАННАЯ ПРЕЛЮДИЯ МЕССИАНА «ГОЛУБЬ» КАК ВАЖНЫЙ ШАГ
К ВОПЛОЩЕНИЮ ОБРАЗА ПТИЦ82

ФИЛОСОФИЯ

Чайковский А.И.

VTN-14. ТЕМПОРАЛЬНАЯ ПРИЧИННОСТЬ86

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЛАСОВ Алексей Романович

курсант,

Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б. П. Бугаева,
Россия, г. Ульяновск

ЛАКРЕЕВА Валерия Руслановна

курсант,

Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б. П. Бугаева,
Россия, г. Ульяновск

Научный руководитель – доцент кафедры авиационной техники

Ульяновского института гражданской авиации имени главного маршала авиации Б. П. Бугаева
Степанов Сергей Михайлович

ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ В ДВС

Аннотация. Выполнен тепловой расчёт дизеля с наддувом по методу Гриневецкого-Мазинга. Определены параметры цикла и индикаторные показатели ($\eta_i = 48\%$, $g_i = 175 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$). Установлено, что к концу видимого сгорания выделяется лишь 87% тепла – главная причина потерь. Предложена оптимизация с помощью ионизации воздуха, которая ускоряет окисление за счёт свободных радикалов кислорода. При увеличении ξ_z , ξ_b и α индикаторный КПД возрастает до 53%, удельный расход снижается на 9,7% (до $158 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$). Полученные данные согласуются с испытаниями устройств ионизации.

Ключевые слова: дизельный двигатель, тепловой расчёт, метод Гриневецкого-Мазинга, расчётный цикл, индикаторный КПД, ионизация воздуха, свободные радикалы кислорода, полнота сгорания.

Введение

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются основным источником механической энергии на транспорте, в энергетике и промышленности. Повышение их экономичности и экологичности – важнейшая инженерная задача. Однако реальный рабочий процесс в цилиндре исключительно сложен: сгорание топлива происходит не мгновенно, часть тепла уходит в стенки, имеют место неполнота сгорания, диссоциация молекул при высоких температурах, переменный теплообмен. Прямое математическое описание всех этих явлений на сегодняшний день невозможно.

Поэтому на практике широко используется метод профессора В. И. Гриневецкого в обработке Е. К. Мазинга. Он заменяет действительный цикл расчётным циклом с рядом упрощающих допущений, но вводит эмпирические коэффициенты, полученные из опыта. Благодаря этому точность расчёта оказывается достаточной для инженерной практики.

Цель работы – выполнить тепловой расчёт дизеля с наддувом, определить параметры рабочего тела и индикаторные показатели, выявить основные потери и предложить способ их снижения за счёт ионизации воздуха на впуске.

1. Теоретические основы метода Гриневецкого-Мазинга

1.1. Расчётный цикл со смешанным подводом теплоты

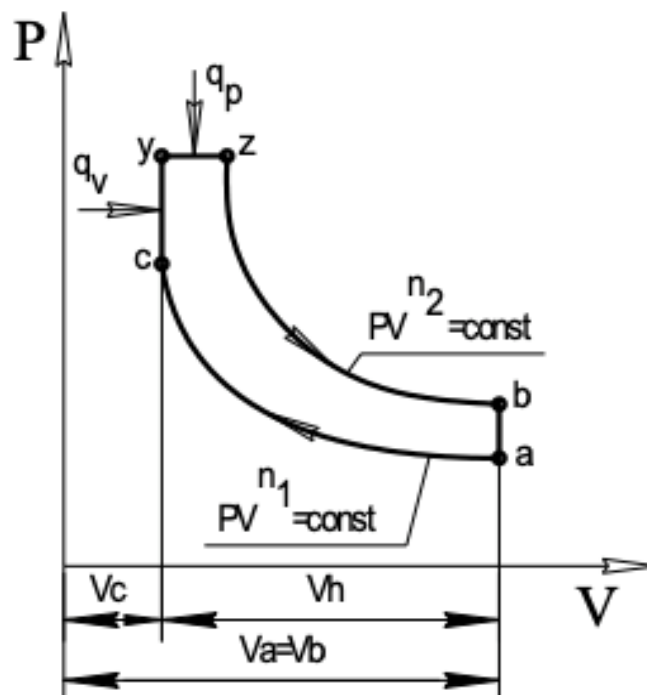


Рис. 1. Схема расчетного цикла дизеля со смешанным подводом теплоты

Расчётный цикл для дизеля (рис. 1) состоит из следующих процессов:

- а-с – политропное сжатие с постоянным показателем n_1 ;
- с-у – условный подвод теплоты при постоянном объёме (быстрое сгорание);
- у-з – подвод теплоты при постоянном давлении (основная фаза горения);
- з-б – политропное расширение с постоянным показателем n_2 ;
- б-а – изохорный отвод теплоты (заменяет газообмен).

Основные безразмерные параметры, характеризующие цикл:

- степень сжатия: $\varepsilon = V_a/V_c$ (во сколько раз уменьшается объём);
- степень повышения давления: $\lambda = p_z/p_c$ (жёсткость работы);
- степень предварительного расширения: $\rho = V_z/V_c$ (насколько газ расширился к концу горения);
- степень последующего расширения: $\delta = \varepsilon / \rho$ (глубина расширения).

1.2. Показатели политропы n_1 и n_2

Показатель политропы сжатия n_1 учитывает теплообмен между зарядом и стенками цилиндра. Для среднеоборотных дизелей с охлаждаемыми поршнями $n_1 = 1,34 \dots 1,38$. С увеличением

частоты вращения n_1 растёт (меньше времени на теплоотдачу), а при интенсивном охлаждении – снижается.

Показатель политропы расширения n_2 всегда меньше n_1 , так как в начале расширения продолжается догорание топлива, подогревающее газ. Для тех же двигателей $n_2 = 1,2 \dots 1,3$.

1.3. Эмпирические коэффициенты

Точность метода Гриневецкого-Мазинга обеспечивается введением опытных коэффициентов, которые выбираются на основе статистических данных для двигателей-прототипов. В настоящем расчёте для среднеоборотного дизеля с наддувом, охлаждаемыми поршнями и объёмным смесеобразованием приняты следующие значения.

Коэффициенты использования теплоты:

- $\xi_z = 0,82$ – доля теплоты топлива, которая к концу видимого сгорания (точка z) превратилась в работу и внутреннюю энергию газа (остальное ушло в стенки или не выделилось из-за неполноты сгорания);
- $\xi_b = 0,94$ – доля теплоты, использованная к концу расширения (точка b).

Показатели политроп:

- $n_1 = 1,36$ – средний показатель политропы сжатия (учитывает теплообмен заряда со стенками);

- $n_2 = 1,25$ – средний показатель политропы расширения (учитывает догорание топлива и теплоотвод).

Коэффициент избытка воздуха: $\alpha = 1,70$ – отношение действительного количества воздуха к теоретически необходимому для полного сгорания 1 кг топлива.

Коэффициент полноты индикаторной диаграммы: $\varphi_p = 0,96$ – учитывает скругление расчётной диаграммы при переходе к действительному циклу (для четырёхтактных дизелей).

1.4. Последовательность теплового расчёта

Расчёт ведётся по пяти этапам:

1. Газообмен – определяются давление p_a , температура T_a в конце впуска и коэффициент остаточных газов γ_r .

2. Сжатие – находятся p_c , T_c и уточняется n_1 методом последовательных приближений.

3. Сгорание – вычисляются максимальное давление p_z , температура T_z , степень повышения давления λ , степень предварительного расширения ρ и коэффициент молекулярного изменения β .

4. Расширение – определяются p_b , T_b и показатель n_2 .

5. Индикаторные показатели – среднее индикаторное давление p_i , индикаторный КПД η_i , удельный индикаторный расход g_i .

2. Результаты базового расчёта

Для исходного двигателя (дизель с наддувом, $\varepsilon = 14$, $\alpha = 1,70$) получены параметры в характерных точках цикла.

Таблица 1

Параметры рабочего тела в точках расчётного цикла

Точка	p , МПа	T , К
a	0.21	340
c	5.2	850
z	11.5	1950
b	0.65	1050

Давление в конце сжатия $p_c = 5,2$ МПа и температура $T_c = 850$ К обеспечивают надёжное самовоспламенение топлива. Максимальное давление сгорания $p_z = 11,5$ МПа не превышает допустимых для современных дизелей значений (до 15–20 МПа).

Индикаторные показатели:

- среднее индикаторное давление $p_i = 1,85$ МПа;
- индикаторный КПД $\eta_i = 0,48$ (48%);
- удельный индикаторный расход $g_i = 175$ г/(кВт·ч).

Эти цифры типичны для дизелей с наддувом, но анализ потерь показывает наличие резерва для улучшения.

3. Анализ потерь в базовом цикле

На рисунке 2 показаны кривые коэффициента выделения теплоты χ и коэффициента использования теплоты ξ в функции объёма. Коэффициент χ растёт от 0 до 1, но из-за теплопотерь в стенки Q_ω реально используемая теплота $\xi = \chi - Q_\omega/Q_H$ значительно ниже.

Для нашего двигателя: $\xi_z = 0,82$, $\xi_b = 0,94$.

Доля топлива, сгоревшего к концу видимого сгорания: $\chi_z = \xi_z / \xi_b = 0,82 / 0,94 \approx 0,872$.

Это означает, что только 87% теплоты выделяется к моменту точки z, а 13% догорает на линии расширения, где давление уже падает. Такое догорание даёт меньше полезной работы. Кроме того, часть тепла теряется через стенки (потери Q_ω).

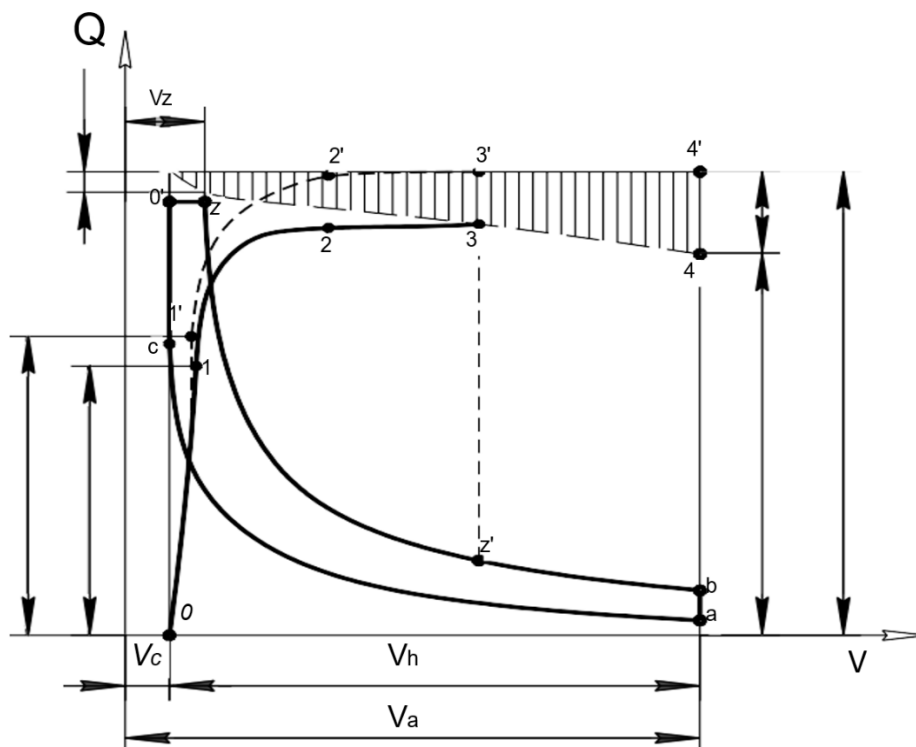


Рис. 2. Коэффициенты выделения (χ) и использования (ξ) теплоты (слайд 6)

Вывод: основной резерв повышения КПД – ускорить сгорание, увеличить ξ_z и ξ_b , а также уменьшить потери в стенке.

4. Метод оптимизации – ионизация воздуха

4.1. Физический принцип

Ионизация воздуха – это создание в потоке воздуха, поступающем в цилиндр, свободных радикалов кислорода и ионов под действием электрического поля высокого напряжения без искры («тихий разряд»).

Молекула кислорода O_2 имеет подвижные электронные связи. В сильном электрическом поле часть молекул диссоциирует на атомарный кислород $O\cdot$ (свободный радикал) и ионы O_2^+ , O_2^- . Свободные радикалы обладают

чрезвычайно высокой окислительной способностью – их реакционная способность в десятки раз выше, чем у нейтрального O_2 .

Практические следствия:

- ускорение фронта пламени;
- более полное сгорание топлива;
- возможность работы на более бедных смесях (увеличение коэффициента избытка воздуха α);
- снижение выбросов CO и несгоревших углеводородов.

4.2. Расчётная оценка эффективности

На основе данных испытаний приняты следующие изменения коэффициентов для оптимизированного цикла.

Таблица 2

Сравнение коэффициентов базового и оптимизированного циклов

Параметр	Без ионизации	С ионизацией
α	1.70	1.85
ξ_z	0.82	0.91
ξ_b	0.94	0.98
$\chi_z = \xi_z / \xi_b$	0.872	0.929

Увеличение ξ_z и ξ_b отражает ускоренное и более полное сгорание. Рост α с 1,70 до 1,85 позволяет снизить сажеобразование и повысить экономичность.

- максимальное давление сгорания $p_z = 12,3$ МПа (было 11,5 МПа);

- максимальная температура $T_z = 2080$ K (было 1950 K);
- индикаторный КПД $\eta_i = 0,53$ (53%);
- удельный индикаторный расход $g_i = 158$ г/(кВт·ч).

Таблица 3

Сравнение коэффициентов базового и оптимизированного циклов

Параметр	Базовый цикл	Оптимизированный
α	1.70	1.85
ξ_z	0.82	0.91
ξ_b	0.94	0.98
$xz = \xi_z/\xi_b$	0.872	0.929
p_z , МПа	11.5	12.3
T_z , К	1950	2080
η_i	0.48	0.53
g_i , г/(кВт·ч)	175	158

α вырос с 1,70 до 1,85. Смесь стала беднее, но благодаря ионизации она всё равно хорошо горит.

- $\xi_z = 0,91$, $\xi_b = 0,98$.
- $xz = \xi_z/\xi_b = 0,91 / 0,98 \approx 0,929$. То есть теперь 93% тепла выделяется к концу видимого сгорания – на 6 процентных пунктов больше, чем в базовом цикле.
- p_z выросло с 11,5 до 12,3 МПа (при $\lambda = 2,2$, p_c практически не изменилось, но рост ξ_z увеличивает температуру и давление).
- T_z – с 1950 до 2080 К. Это допустимо, диссоциация ещё незначительна.

Самый важный результат – экономические показатели:

- Индикаторный КПД η_i вырос с 48% до 53%. Абсолютный прирост – 5 процентных пунктов, относительный – более 10%.
- Удельный индикаторный расход g_i снизился со 175 до 158 г/кВт·ч.

5. Сопоставление с экспериментальными данными

Основные эффекты:

- снижение расхода топлива на 13–30% (в зависимости от режима и типа двигателя);
- увеличение мощности на 10–20%;
- снижение выбросов СО и несгоревших углеводородов НС до 40%.

Наши расчётные 9,7% экономии находятся в нижней части этого диапазона. Это объясняется умеренным повышением α и консервативным выбором коэффициентов ξ_z , ξ_b . Для двигателей с менее совершенным исходным смесеобразованием эффект может быть выше. Таким образом, расчётная модель адекватно отражает реальный тренд.

6. Выводы

1. Метод Гриневецкого-Мазинга позволяет выполнить тепловой расчёт дизеля с наддувом, определяя параметры рабочего тела в характерных точках цикла и индикаторные

показатели с точностью, достаточной для инженерных оценок.

2. В базовом двигателе ($\varepsilon = 14$, $\alpha = 1,70$) доля топлива, сгоревшего к концу видимого сгорания, составляет лишь 87%. Это основной источник потерь – догорание на линии расширения снижает работу цикла. Кроме того, часть тепла теряется через стенки цилиндра.

3. Ионизация воздуха на впуске, создающая свободные радикалы кислорода, ускоряет реакции окисления, позволяет повысить коэффициенты использования теплоты (ξ_z и ξ_b) и коэффициент избытка воздуха α .

4. Расчётная оптимизация дала рост индикаторного КПД с 48% до 53% и снижение удельного расхода топлива на 9,7% (со 175 до 158 г/кВт·ч). Максимальное давление сгорания повысилось с 11,5 до 12,3 МПа, что допустимо для современных дизелей.

5. Полученные результаты качественно и количественно согласуются с известными экспериментальными данными (снижение расхода 13–30%, рост мощности 10–20%), что подтверждает корректность предложенного подхода.

Перспективы дальнейших исследований: разработка компактного ионизатора для конкретного двигателя, оптимизация формы и расположения электродов, совместное применение ионизации с изменением угла опережения впрыска топлива.

Литература

1. Гриневецкий В.И. Тепловой расчёт двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машгиз, 1950.
2. Мазинг Е.К. Рабочие процессы дизелей. – М.: Машиностроение, 1964.
3. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. – СПб.: Лань, 2020.

4. Стечкин Б.С. Избранные труды. – М.: Наука, 1977.

5. Результаты испытаний устройств ионизации воздуха (независимый отчёт). – Приложение к научной работе, 2023. – 8 с.

VLASOV Alexey Romanovich

Cadet, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev,
Russia, Ulyanovsk

LAKREEVA Valeria Ruslanovna

Cadet, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev,
Russia, Ulyanovsk

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Aviation Engineering
at the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev
Stepanov Sergey Mikhailovich*

**THERMAL CALCULATIONS AND OPTIMIZATION
OF THE COMBUSTION PROCESS IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

Abstract. *The thermal calculation of a supercharged diesel engine using the Grinevetsky method has been performed-Mazinga. The cycle parameters and indicators were determined ($\eta_i = 48\%$, $g_i = 175 \text{ g/kWh}$). It was found that by the end of visible combustion, only 87% of the heat is released, which is the main cause of losses. Optimization by air ionization is proposed, which accelerates oxidation due to oxygen free radicals. With an increase in ξ_z , ξ_b and α , the indicator efficiency increases to 53%, the specific consumption decreases by 9.7% (up to 158 g/kWh). The data obtained is consistent with the tests of ionization devices.*

Keywords: *diesel engine, thermal calculation, Grinevetsky method-Masing, calculation cycle, indicator efficiency, air ionization, oxygen free radicals, completeness of combustion.*

ДОБРЫНИН Денис Андреевич

магистрант, Московский политехнический университет, Россия, г. Москва

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ РАБОТНИКОВ ВЫСТАВОЧНОГО КОМПЛЕКСА ВДНХ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы выявления опасностей и оценки профессиональных рисков работников выставочного комплекса ВДНХ. Актуальность исследования обусловлена необходимостью внедрения риск-ориентированного подхода в систему управления охраной труда на объектах с большим количеством посетителей. Целью исследования является проведение идентификации опасностей на рабочих местах работников выставочного комплекса и оценка профессиональных рисков с использованием матричного метода. В результате исследования выявлены основные опасности, характерные для работников выставочного комплекса, и разработаны рекомендации по снижению уровня профессиональных рисков.

Ключевые слова: охрана труда, профессиональный риск, управление рисками, идентификация опасностей, система управления охраной труда.

Введение

В современных условиях обеспечение безопасных условий труда является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации в области охраны труда. Эффективность функционирования системы управления охраной труда во многом определяется применением риск-ориентированного подхода, предусматривающего систематическую идентификацию опасностей и оценку профессиональных рисков.

В соответствии со статьей 214 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан обеспечить функционирование системы управления охраной труда, включающей процедуры выявления опасностей и оценки профессиональных рисков. Реализация данных требований направлена на предупреждение несчастных случаев на производстве и снижение уровня профессиональных заболеваний.

Дополнительные требования к организации процессов управления профессиональными рисками установлены приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 776н от 29 октября 2021 года «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда». Данный нормативный акт предусматривает необходимость проведения процедур идентификации опасностей, оценки профессиональных рисков и разработки мероприятий по их снижению.

Особую актуальность вопросы оценки профессиональных рисков приобретают на объектах с высокой концентрацией работников и посетителей, а также с разнообразием выполняемых производственных процессов. К таким объектам относятся выставочные комплексы, где одновременно функционируют административные, технические и эксплуатационные подразделения, а также выполняются монтажные и организационные работы, связанные с подготовкой и проведением выставочных мероприятий.

Одним из крупнейших выставочных комплексов Российской Федерации является Выставка достижений народного хозяйства (ВДНХ), расположенная в городе Москве. На территории комплекса находится значительное количество павильонов и инфраструктурных объектов, где осуществляется разнообразная трудовая деятельность, связанная с воздействием различных опасных и вредных факторов.

В связи с этим проведение комплексной оценки профессиональных рисков работников выставочного комплекса ВДНХ представляет собой актуальную научно-практическую задачу, направленную на повышение эффективности системы управления охраной труда.

Целью исследования является проведение оценки профессиональных рисков работников выставочного комплекса ВДНХ и разработка мероприятий по их снижению.

Нормативные и теоретические основы оценки профессиональных рисков

Оценка профессиональных рисков является важным элементом системы управления охраной труда и осуществляется на основе действующего законодательства Российской Федерации и нормативных документов в области производственной безопасности.

Основным законодательным актом, регулирующим вопросы охраны труда, является Трудовой кодекс Российской Федерации. В соответствии с его положениями работодатель обязан обеспечивать безопасные условия труда работников и организовывать функционирование системы управления охраной труда.

Важную роль в регулировании вопросов оценки профессиональных рисков играет приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 776н, который устанавливает основные требования к организации системы управления охраной труда. В частности, документ предусматривает необходимость проведения процедур идентификации опасностей, анализа профессиональных рисков и разработки мероприятий по их снижению.

Методические рекомендации по организации процессов управления профессиональными рисками также определены приказом Минтруда России №926, который содержит рекомендации по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков.

Методологические основы анализа риска закреплены в государственных стандартах системы стандартов безопасности труда. Так, ГОСТ 12.0.230-2007 устанавливает общие требования к системам управления охраной труда, направленным на предотвращение травматизма и профессиональных заболеваний работников.

ГОСТ Р 12.0.010-2009 определяет правила выявления опасностей и проведения оценки рисков, связанных с воздействием опасных и вредных производственных факторов.

Кроме того, рекомендации по выбору и применению методов анализа риска содержатся в ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска». В соответствии с данным стандартом для анализа риска могут применяться качественные, полуколичественные и количественные методы.

Таким образом, нормативно-правовая база Российской Федерации формирует систему

требований, направленных на внедрение риск-ориентированного подхода и обеспечение эффективного управления профессиональными рисками на рабочих местах.

Идентификация опасностей на рабочих местах выставочного комплекса

Один из ключевых этапов управления профессиональными рисками – идентификация опасностей, целью которого является выявление потенциальных источников угрозы для жизни и здоровья работников.

Процесс идентификации опасностей осуществляется на основе анализа информации о рабочих местах, включая виды выполняемых работ, используемое оборудование и инструменты, условия производственной среды, а также возможные аварийные ситуации.

Исходными данными для проведения идентификации опасностей являются сведения о выполняемых работах, используемых оборудовании и инструментах, объектах зданий и сооружений, а также возможных аварийных ситуациях на территории предприятия.

Сбор исходных данных осуществляется на основе анализа локальных нормативных актов предприятия, нормативных правовых актов в области охраны труда, должностных инструкций работников, результатов специальной оценки условий труда и материалов расследования несчастных случаев.

Идентификация опасностей проводится в два этапа.

На первом этапе осуществляется анализ требований охраны труда, содержащихся в нормативных правовых актах и локальных документах организации. В рамках данного этапа изучаются межотраслевые и отраслевые правила и инструкции по охране труда, а также техническая документация на используемое оборудование и инструменты.

На втором этапе проводится обследование мест пребывания работников и рабочих мест. Идентификация опасностей осуществляется посредством визуального осмотра зданий, помещений и территории предприятия, а также путем опроса работников и их непосредственных руководителей.

В ходе обследования уточняется информация о выполняемых работах, используемом оборудовании и применяемых материалах, а также выявляются потенциальные источники

опасности, которые могут возникать в процессе трудовой деятельности.

Результатом проведенной идентификации является формирование перечня опасностей, характерных для рабочих мест работников выставочного комплекса.

Оценка профессиональных рисков работников ВДНХ

После выявления опасностей проводится оценка профессиональных рисков, позволяющая определить степень угрозы для жизни и здоровья работников.

Процесс оценки профессиональных рисков включает два основных этапа:

1. Оценку уровня профессионального риска;
2. Оценку приемлемости профессионального риска.

Оценка уровня профессионального риска осуществляется на основе анализа двух параметров: тяжести возможного ущерба и вероятности возникновения опасного события.

Тяжесть ущерба характеризует возможные последствия реализации опасности, включая травмы различной степени тяжести или профессиональные заболевания. Вероятность возникновения события отражает частоту или вероятность реализации опасного фактора.

Оценка уровня профессионального риска осуществляется с использованием матрицы оценки профессионального риска, которая представляет собой таблицу, в которой содержатся 5 строк, соответствующих 5 интервалам тяжести возможного ущерба, и 5 столбцов, соответствующих 5 интервалам вероятности возникновения негативных событий (применяется матрица 5 x 5, см. таблицу 1).

Таблица 1

Матрица для оценки профессиональных рисков

Тяжесть ущерба (Т)	Вероятность (Ч)				
	Редко (1)	Однажды (2)	Случайно (3)	Часто (4)	Почти определенно (5)
Катастрофическая (5)	С 5	С 10	В 15	В 20	В 25
Большая (4)	Н 4	С 8	С 12	В 16	В 20
Умеренная (3)	Н 3	С 6	С 9	С 12	В 15
Незначительная (2)	Н 2	Н 4	С 6	С 8	С 10
Пренебрежимо малая (1)	Н 1	Н 2	Н 3	Н 4	С 5

Для оси тяжести возможного ущерба (в матрице – левый крайний столбец) установлены следующие категории и их буквенные

обозначения, соответствующие каждому из 5 интервалов.

Таблица 2

Категории тяжести возможного ущерба

Уровень	Тяжесть (Т)	Описание
5	Катастрофическая	Более чем 3 летальных исхода в результате травмирования или профессионального заболевания
4	Большая	От 1 до 3 случаев постоянной полной нетрудоспособности или несчастных случаев с летальным исходом
3	Умеренная	Тяжелая травма или ухудшение здоровья с потерей трудоспособности более 15 дней, включая необратимый ущерб для здоровья
2	Незначительная	Травмы или обратимое ухудшение здоровья с потерей трудоспособности до 15 дней
1	Пренебрежимо малая	Незначительные травмы или случаи ухудшения здоровья, не оказывающие влияния на производительность труда и на жизнедеятельность

Для оси частоты (оценки вероятности) событий устанавливают следующие категории и числовые значения (табл. 3).

Таблица 3

Категории частоты наступления события

Уровень	Вероятность (Ч)	Описание	
1	Редко	Не ожидается, но все же возможно	Событие практически никогда не произойдет
2	Однажды	Вряд ли это произойдет при нормальных обстоятельствах	Событие случается редко
3	Случайно	Возможно или известно, что это имеет место	Вероятность события около 50%
4	Часто	Обычное явление	Скорее всего событие произойдет
5	Почти определенно	Постоянный или повторяющийся опыт	Событие почти обязательно произойдет

Результаты оценки профессиональных рисков заносятся в карты оценки рисков, которые используются для формирования реестра профессиональных рисков и разработки плана мероприятий по их снижению.

Полученные результаты позволяют определить приоритетные направления совершенствования системы управления охраной труда и повышения уровня безопасности работников выставочного комплекса.

Результаты исследования

Для проведения оценки профессиональных рисков для начала необходимо идентифицировать опасные факторы, которые существуют на рабочих местах работников выставочного комплекса:

- поражение током вследствие контакта с токоведущими частями электрооборудования, которые находятся под напряжением из-за неисправного состояния (косвенный контакт);
- возникновение очагов пожара;

- ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру;
- психоэмоциональные перегрузки;
- падение при спотыкании или поскользывании, в том числе при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам;
- удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме;
- наезд транспорта на человека;
- травмирование снегом и (или) льдом, упавшим с крыш зданий и сооружений;
- воздействие повышенной температуры окружающей среды;
- физические перегрузки работников при перемещении тяжёлых предметов, элементов оборудования и выставочных конструкций;
- заболевание, связанное с воздействием патогенных микроорганизмов или вирусов.

Таблица 4

Оценка рисков

Опасность	Источник опасности	Оценка уровня профессионального риска	Отношение к риску
Поражение током вследствие контакта с токоведущими частями электрооборудования, которые находятся под напряжением из-за неисправного состояния (косвенный контакт)	Электрооборудование, удлинители, бытовые электроприборы	Вероятность: 1 Тяжесть: 3 Низкий НЗ	Приемлемый
Возникновение очагов пожара	Электрооборудование, электрические сети, неисправные электроприборы	Вероятность: 2 Тяжесть: 3 Средний С6	Допустимый
Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру	Нагретые поверхности оборудования, электрические приборы	Вероятность: 3 Тяжесть: 1 Низкий НЗ	Приемлемый

Опасность	Источник опасности	Оценка уровня профессионального риска	Отношение к риску
Психоэмоциональные перегрузки	Напряженность трудовой деятельности, стрессовые ситуации	Вероятность: 4 Тяжесть: 2 Средний С8	Допустимый
Падение при спотыкании или поскользывании при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам	Неровности полов, лестницы, мокрые и скользкие поверхности	Вероятность: 3 Тяжесть: 2 Средний С6	Допустимый
Удар работника или падение на работника предмета, тяжёлого инструмента или груза	Экспонаты, оборудование, перемещаемые грузы	Вероятность: 3 Тяжесть: 3 Средний С9	Допустимый
Наезд транспорта на человека	Автотранспорт, средства индивидуальной мобильности	Вероятность: 2 Тяжесть: 3 Средний С6	Допустимый
Травмирование снегом и (или) льдом, упавшим с крыш зданий и сооружений	Снег и лёд на кровлях зданий	Вероятность: 2 Тяжесть: 3 Средний С6	Допустимый
Воздействие повышенной температуры окружающей среды	Микроклимат помещений, отопительные системы	Вероятность: 1 Тяжесть: 4 Низкий Н4	Приемлемый
Физические перегрузки работников при перемещении тяжёлых предметов, оборудования и выставочных конструкций	Перемещаемые грузы, элементы конструкций	Вероятность: 3 Тяжесть: 2 Средний С6	Допустимый
Заболевание, связанное с воздействием патогенных микроорганизмов или вирусов	Контакт с посетителями, патогенные микроорганизмы и вирусы	Вероятность: 4 Тяжесть: 2 Средний С8	Допустимый

Мероприятия по снижению профессиональных рисков

В рамках исследования были предложены следующие мероприятия профессиональных рисков на объектах выставочного комплекса.

Таблица 5

Мероприятия по управлению рисками

Опасность	Источник опасности	Мероприятия по управлению рисками
Поражение током вследствие контакта с токоведущими частями электрооборудования	Электрооборудование, удлинители, бытовые электроприборы	Обеспечение эксплуатации электрооборудования в соответствии с требованиями инструкций заводов-изготовителей; проведение инструктажей по электробезопасности; регулярная проверка исправности электрического оборудования
Возникновение очагов пожара	Электрооборудование, электрические сети	Проведение противопожарных инструктажей; регулярные противопожарные тренировки; контроль исправности электрооборудования; техническое обслуживание систем противопожарной защиты
Ожог от воздействия материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру	Нагретые поверхности оборудования и электрические приборы	Контроль технического состояния оборудования; соблюдение требований безопасной эксплуатации оборудования; проведение инструктажей по охране труда

Опасность	Источник опасности	Мероприятия по управлению рисками
Психоэмоциональные перегрузки	Напряжённость трудовой деятельности, стрессовые ситуации	Соблюдение режимов труда и отдыха; рациональное распределение рабочих задач; организационные меры по снижению стрессовых нагрузок
Падение при спотыкании или поскользывании	Неровности полов, лестницы, мокрые и скользкие поверхности	Содержание напольных покрытий в исправном состоянии; нанесение противоскользких покрытий; установка предупреждающих знаков; своевременная уборка помещений
Удар работника или падение на работника предмета	Экспонаты, оборудование, перемещаемые грузы	Надёжное закрепление экспонатов и оборудования; установка ограждений; размещение предупреждающих знаков безопасности
Наезд транспорта на человека	Автотранспорт, средства индивидуальной мобильности	Соблюдение правил дорожного движения на территории предприятия; разделение маршрутов движения транспорта и пешеходов; организация пешеходных переходов
Травмирование снегом и льдом, упавшим с крыш зданий	Снег и лёд на кровлях зданий	Своевременная очистка кровель от снега и наледи; установка ограждений в местах проведения работ; контроль состояния кровель
Воздействие повышенной температуры окружающей среды	Неблагоприятные параметры микроклимата	Контроль параметров микроклимата; использование систем вентиляции и кондиционирования; соблюдение санитарных требований
Физические перегрузки работников	Перемещение тяжёлых предметов и конструкций	Применение механизированных средств перемещения грузов; соблюдение норм подъёма и перемещения тяжестей; обучение безопасным методам работы
Заболевание, связанное с воздействием патогенных микроорганизмов или вирусов	Контакт с посетителями, патогенные микроорганизмы	Проведение профилактических вакцинаций; соблюдение правил личной гигиены; использование средств индивидуальной защиты; применение антисептических средств

Заключение

В современных условиях управление профессиональными рисками является одним из ключевых элементов системы управления охраной труда. Применение риск-ориентированного подхода позволяет своевременно выявлять опасности на рабочих местах и принимать меры по предотвращению несчастных случаев.

На основании полученных результатов были разработаны мероприятия по управлению профессиональными рисками, включающие совершенствование организации труда, повышение уровня подготовки работников в области охраны труда, обеспечение безопасной эксплуатации оборудования, а также применение средств коллективной и индивидуальной защиты.

Реализация предложенных мероприятий позволит повысить эффективность системы управления охраной труда, снизить вероятность возникновения несчастных случаев и обеспечить более безопасные условия труда работников выставочного комплекса.

Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании системы управления охраной труда на объектах выставочных комплексов, а также в организациях, деятельность которых связана с проведением массовых мероприятий и эксплуатацией сложной инфраструктуры.

Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. действующая). URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504709>.

2. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/726784381> (дата обращения: 13.03.2026).

3. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/728034689> (дата обращения: 13.03.2026).

4. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=432642>.

5. ГОСТ Р 12.0.010-2009. Система стандартов безопасности труда. Определение опасностей и оценка рисков. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=324682>.

6. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=398736#h1061>.

7. ГОСТ Р ИСО 45001-2020. Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=381952>.

8. Табаков И.В. Оценка уровня профессионального риска выявленных (идентифицированных) опасностей: учебно-методическое пособие / И.В. Табаков. – Белогорск: Центр социального обслуживания граждан пожилого возраста и инвалидов Белогорского района, 2018. – 70 с.

9. Оценка профессиональных рисков 2022-2023 // ЕИСОТ Росминтруд: сайт. – URL: <https://eisot-rosmintrud.ru/ocenka-professionalnyh-riskov-2022-2023-17/>.

10. Методы оценки профессиональных рисков // Современный предприниматель: сайт. – URL: <https://spmag.ru/articles/metody-ocenki-professionalnyh-riskov-sp>.

DOBRYNIN Denis Andreevich

Master's Student, Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow

ASSESSMENT OF PROFESSIONAL RISKS OF EMPLOYEES OF THE VDNKH EXHIBITION COMPLEX

Abstract. *The article discusses the issues of identifying hazards and assessing the professional risks of employees of the VDNH exhibition complex. The relevance of the study is due to the need to introduce a risk-based approach into the occupational health and safety management system in facilities with a large number of visitors. The purpose of the study is to identify hazards at the workplaces of employees of the exhibition complex and assess professional risks using the matrix method. As a result of the study, the main hazards characteristic of the employees of the exhibition complex were identified and recommendations were developed to reduce the level of occupational risks.*

Keywords: *occupational safety, occupational risk, risk management, hazard identification, occupational safety management system.*

КУДРИНА Надежда Алексеевна

студентка, Московский политехнический университет, Россия, г. Москва

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ АО «ТЗМОИ»

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности функционирования системы управления охраной труда (СУОТ) на промышленном предприятии на примере АО «ТЗМОИ». Особое внимание уделяется применению цифровых инструментов мониторинга условий труда и их роли в повышении результативности системы. СУОТ рассматривается как динамическая управленческая система, эффективность которой определяется уровнем формализации процедур, наличием обратной связи и возможностью оперативной корректировки мероприятий. В работе предложена система показателей оценки эффективности СУОТ, а также обоснована целесообразность внедрения цифровых решений. Установлено, что использование цифровых инструментов позволяет повысить оперативность управления и снизить уровень профессиональных рисков.

Ключевые слова: система управления охраной труда, СУОТ, цифровизация, мониторинг условий труда, профессиональные риски, эффективность управления.

Введение

В современных условиях развития промышленности возрастает значимость эффективного функционирования системы управления охраной труда (СУОТ), обеспечивающей безопасные условия труда работников. Внедрение СУОТ является обязательным элементом деятельности предприятий, однако ее эффективность во многом зависит от качества реализации и уровня интеграции в управленческие процессы.

Анализ практики показывает, что на многих предприятиях СУОТ носит формальный характер и не обеспечивает необходимого уровня контроля и предупреждения рисков. Это связано с недостаточной цифровизацией процессов, отсутствием оперативной обратной связи и слабой интеграцией системы в принятие управленческих решений.

В условиях цифровой трансформации особую актуальность приобретает использование цифровых инструментов мониторинга условий труда, позволяющих повысить прозрачность процессов и оперативность реагирования.

Цель исследования – оценка эффективности функционирования СУОТ и разработка подходов к ее совершенствованию на основе цифровых инструментов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является система управления охраной труда АО «ТЗМОИ».

В ходе исследования применялись следующие методы:

- анализ нормативной базы (включая приказы Минтруда РФ) [4, 5];
- идентификация опасностей и оценка рисков;
- анализ производственных процессов [7];
- экспертная оценка;
- сравнительный анализ традиционных и цифровых методов.

Оценка эффективности СУОТ проводилась на основе показателей, включающих уровень травматизма, частоту нарушений и оперативность реагирования [3, с. 42].

Использование риск-ориентированного подхода позволило рассматривать СУОТ как динамическую управленческую систему [9, с. 40].

Результаты исследования

Анализ функционирования СУОТ в АО «ТЗМОИ» показал, что система формально соответствует нормативным требованиям, однако ее эффективность ограничена рядом факторов.

Основные выявленные проблемы:

- несвоевременная передача информации о нарушениях;
- недостаточный контроль выполнения мероприятий;
- ограниченные возможности анализа данных [6, с. 32].

Результаты анализа согласуются с исследованиями причин производственного травматизма, в которых ключевую роль играют организационные факторы [8, с. 369].

Внедрение цифровых инструментов

В целях повышения эффективности СУОТ предложено использование:

- электронных журналов учета нарушений;
- цифровых платформ управления охраной труда;
- автоматизированных систем мониторинга условий труда.

Применение цифровых решений позволяет обеспечить оперативность обработки информации и повысить качество управленческих решений [10, с. 104761].

Таблица

Оценка эффективности (до/после)

Показатель	До внедрения	После внедрения
Время реакции	3–5 дней	1 день
Количество нарушений	100%	меньше на 30%
Выполнение мероприятий	70%	90%

Установлено, что внедрение цифровых инструментов способствует снижению количества нарушений и повышению эффективности системы управления [3, с. 47].

Обсуждение результатов

Полученные результаты свидетельствуют о том, что эффективность СУОТ напрямую зависит от уровня цифровизации и наличия оперативной обратной связи.

Использование цифровых инструментов позволяет:

- повысить прозрачность процессов;
- ускорить принятие решений;
- снизить уровень профессиональных рисков.

Результаты исследования соответствуют современным тенденциям развития систем управления охраной труда, ориентированных на цифровую трансформацию.

К ограничениям исследования можно отнести использование экспертных оценок и отсутствие полной автоматизации системы.

Заключение

В результате исследования установлено, что СУОТ следует рассматривать как динамическую систему управления, эффективность которой определяется возможностью адаптации и оперативного реагирования.

Внедрение цифровых инструментов мониторинга позволяет существенно повысить результативность системы управления охраной труда и снизить уровень профессиональных рисков.

Научная новизна исследования заключается в разработке подхода к оценке эффективности СУОТ с учетом цифровизации процессов управления.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных решений на промышленных предприятиях.

Благодарности

Автор выражает искреннюю признательность руководству и специалистам АО «ТЗМОИ» за предоставленную возможность изучения производственных процессов и оказанное содействие в сборе и анализе исходных данных. Особая благодарность выражается сотрудникам предприятия, принявшим участие в проведении оценки профессиональных рисков и предоставившим практическую информацию, необходимую для выполнения исследования.

Автор также благодарит сотрудников образовательной организации за создание благоприятных условий для проведения научно-исследовательской работы, а также за методическую и организационную поддержку.

Отдельно отмечается значимость использования современных научных и методических источников, которые способствовали формированию теоретической базы исследования и обеспечили обоснованность полученных результатов.

Проведённое исследование стало возможным благодаря совокупности теоретических знаний и практического опыта, полученных в

процессе обучения, а также поддержке со стороны профессионального сообщества в области охраны труда и промышленной безопасности.

Литература

1. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. – Geneva: ISO, 2018. – 45 p.
2. Бекиров Ш.Н. Организация охраны труда на производстве и в социальной сфере: система управления охраной труда [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Ш.Н. Бекиров, М.С. Джиляджи – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 244 с. – Книга из коллекции Лань – Инженерно-технические науки.
3. Иванов И.И. Управление профессиональными рисками. – Москва: Юрайт, 2019. – 312 с.
4. Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков».
5. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903 «Об Утверждении Правил По Охране Труда При Эксплуатации Электроустановок».
6. Смирнов А.А. Безопасность труда на промышленном предприятии. – Москва: Академия, 2018. – 240 с.
7. Технологические процессы в машиностроении: учебник для среднего профессионального образования / А.А. Черепяхин, В.В. Клепиков, В.А. Кузнецов, В.Ф. Солдатов. – Москва: Издательство Юрайт, 2026. – 218 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-05994-6. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/584537> (дата обращения: 30.03.2026).
8. Иванов Е.Е. Анализ причин производственного травматизма в организации / Е.Е. Иванов; науч. рук. П.В. Родионов // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 22–24 ноября 2018 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – С. 368–372.
9. Управление рисками на предприятии: учебное пособие. – Москва: КноРус, 2022. – 210 с.
10. Occupational safety and risk management practices in industrial enterprises // Safety Science. – 2020. – Vol. 128. – P. 104761.

KUDRINA Nadezhda Alekseevna

Student, Moscow Polytechnic University, Russia, Moscow

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AND DIGITAL MONITORING TOOLS ON THE EXAMPLE OF JSC "TZMOI"

Abstract. *The article evaluates the effectiveness of the occupational health and safety management system (OHSMS) at an industrial enterprise using JSC "TZMOI" as an example. Special attention is paid to the use of digital monitoring tools for working conditions. The OHSMS is considered as a dynamic system, the effectiveness of which depends on the level of formalization, feedback, and adaptability. The study demonstrates that digital tools improve response time, reduce violations, and enhance overall system performance.*

Keywords: *occupational safety management system, OHSMS, digitalization, monitoring, occupational risks, management efficiency.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

La Quang Thien Son

FPT University, Vietnam, Hanoi

Nguyen Tat Quan

FPT University, Vietnam, Hanoi

Bui Hoang Nguyet Anh

FPT University, Vietnam, Hanoi

Pham Tran Cong Hoang

Posts and Telecommunications Institute of Technology, Vietnam, Ho Chi Minh

Nguyen Thi Nguyet

Posts and Telecommunications Institute of Technology, Vietnam, Ho Chi Minh

COMPARATIVE ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF DETECTION, LIVENESS, AND RECOGNITION MODELS IN AN INTEGRATED FACE-BASED ATTENDANCE FRAMEWORK

Abstract. *This paper reworks the source study into a comparative and optimization-focused manuscript centered on model selection for an integrated face-based attendance framework. Rather than presenting the system mainly as a unified architecture, the paper analyzes how different detectors, liveness models, and recognition backbones behave under common deployment constraints and how those observations inform pipeline optimization. The benchmark spans three model families for each block: MTCNN, YOLOv8, and YOLO11 for detection; MiniFASNet, MediaPipe, and a 68-landmark challenge-response method for liveness; and EfficientNet-B3, ResNet50, and FaceNet for recognition. The source results indicate that YOLO11 offers the strongest detection performance among the tested candidates, the landmark-based PAD design yields the most practical liveness trade-off under the reported setup, and FaceNet provides the best identity discrimination. Building on those observations, the paper derives an optimization strategy based on block-wise benchmarking, two-stage fine-tuning, early stopping, identity-balanced sampling, and threshold-aware inference. The analysis shows that effective attendance systems should be optimized as heterogeneous pipelines rather than as monolithic models, with each block chosen for its local objective, interface quality, and deployment cost.*

Keywords: *face-based attendance, benchmark study, model comparison, liveness detection, face recognition optimization, YOLO11, FaceNet, deployment trade-offs.*

1. Introduction

Face-based attendance systems operate under a mixed set of goals. They must localize a face reliably, verify that the presenter is live, and then match the face to an enrolled identity. These goals are related but not identical, and the best model for one block is not automatically the best model for another. This is why end-to-end system quality is often limited less by any single model and more

by how candidate models are compared, selected, and tuned before integration.

The source manuscript already contained block-level comparisons across detection, anti-spoofing, and recognition stages. This paper restructures those results into a comparative analysis. The emphasis is therefore placed on experimental design, benchmark interpretation, and optimization logic. In particular, the paper asks three

questions: (1) which detector best balances real-time localization and robustness, (2) which liveness strategy is most appropriate for a consumer-camera attendance pipeline, and (3) which recognition backbone yields the most discriminative identity representations after domain adaptation? The answers are then translated into a practical optimization recipe for integrated deployment.

2. Benchmark Design

2.1. Candidate Models by Block

The benchmark was designed to compare representative models with distinct inductive biases and deployment profiles [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. In

the detection block, MTCNN represents a classical cascaded CNN detector, while YOLOv8 and YOLO11 represent modern one-stage detection architectures [4, 5]. In the liveness block, MiniFASNet represents a lightweight appearance-based anti-spoofing family, MediaPipe provides dense facial geometry for real-time landmark analysis [7], and the selected 68-landmark method emphasizes interpretable geometric motion cues [8, 9]. In the recognition block, ResNet50 offers a strong residual-feature baseline [2], EfficientNet-B3 introduces a parameter-efficient scaling strategy [3], and FaceNet represents an embedding-centric recognition paradigm [1].

Table 1

Block	Candidates	Comparison objective	Decision criterion
Detection	MTCNN, YOLOv8, YOLO11	Localization quality and robustness	Choose detector with strongest practical accuracy/recall balance
Liveness/PAD	MiniFASNet, MediaPipe, FacialLandmark68	Spoof filtering under RGB-only deployment	Prioritize recall/F1 and low operational cost
Recognition	EfficientNet-B3, ResNet50, FaceNet	Identity discrimination and enrollment scalability	Prioritize accuracy/F1 and efficient embedding inference

2.2. Datasets and Split Strategy

The benchmark inherits the source study’s multi-source data construction. Detection training and testing used images from WIDER FACE, FaceDetection-Dataset, and FDDB. The PAD benchmark used live and spoof samples drawn from CelebA-Spoof, WFLW, and iBUG-300W, with binary live/spoof labels and augmentation to increase robustness. The recognition benchmark used identity-labeled samples organized from CelebA-Spoof, CASIA-FASD, and LCC-FASD. Importantly, the study reports subject-level or identity-level separation where applicable to reduce leakage across train and test splits.

2.3. Evaluation Metrics and Practical Criteria

Each block was evaluated with metrics aligned to its function. Detection used Accuracy, Precision, Recall, and F1-score to capture localization quality. The PAD block used precision, recall, and F1-score, along with normalized mean error for landmark localization, because the liveness method depends on geometric stability. Recognition used Accuracy, Precision, Recall, and F1-score to assess identity discrimination. Beyond quality metrics, the source study considered deployment factors such as training stability, inference feasibility on limited hardware, and compatibility with cloud environments using NVIDIA T4 GPUs.

3. Comparative Results

3.1. Detection Models

Table 2

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
MTCNN	38.17	39.0	24.4	30.16
YOLOv8	59.0	90.2	58.1	69.0
YOLO11	60.0	89.1	58.2	69.0

The detector comparison reveals a clear pattern: modern YOLO variants substantially outperform MTCNN under the reported conditions. MTCNN reached only 38.17% accuracy and a 30.16 F1-score, while YOLOv8 and YOLO11 both achieved 69.0 F1-score with much higher

precision. YOLO11 edges YOLOv8 in accuracy and recall, making it the more suitable choice when the detector acts as the pipeline’s gatekeeper. Even a modest recall improvement is valuable here because missed detections reduce both liveness opportunities and recognition throughput.

3.2. Liveness / PAD Models

Table 3

Model	NME (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
MiniFASNet	N/A	71.0	17.22	22.2
MediaPipe	72.85	73.1	49.5	48.5
FacialLandmark68	72.96	73.3	49.7	48.6

The PAD comparison is more nuanced. MiniFASNet showed acceptable precision but extremely low recall, indicating that it missed too many spoof-related cases under the tested configuration. MediaPipe and the 68-landmark method were nearly tied, but the landmark method performed marginally better on recall and F1-score. Because liveness in attendance is a security filter

rather than a cosmetic enhancement, this small edge matters. Moreover, the landmark-based design remains attractive because it is interpretable, compatible with standard RGB cameras, and easier to embed into an interactive challenge-response flow.

3.3. Recognition Models

Table 4

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
EfficientNet-B3	91.72	87.18	97.83	92.20
ResNet50	92.11	86.83	99.28	92.64
FaceNet	96.31	95.13	97.61	96.35

The recognition comparison shows the clearest winner. FaceNet achieved 96.31% accuracy, 95.13% precision, 97.61% recall, and 96.35% F1-score, outperforming both EfficientNet-B3 and ResNet50. This result suggests that for attendance verification, a compact metric-learning embedding can be more effective than treating the task primarily as a conventional classification problem. The advantage is operational as well as statistical: embedding-based recognition is naturally suited to enrollment updates and similarity thresholding.

4. Optimization of the Integrated Pipeline

4.1. Why Block-Wise Optimization Matters

A key lesson from the benchmark is that attendance systems should be optimized as heterogeneous pipelines. Detection, liveness, and recognition impose different computational and statistical burdens, so model choice should be localized to each block. The optimal detector is not the optimal recognizer, and the optimal recognizer may be too expensive or too opaque for liveness. By benchmarking candidates separately, the system designer can select the best detector for spatial reliability, the best PAD model for security and interaction cost, and the best recognizer for discriminative embeddings.

4.2. Training and Fine-Tuning Strategy

The source study’s final optimization strategy is sensible and transferable. YOLO11 is fine-tuned with standard detection objectives, data augmentation, early stopping, and learning-rate

scheduling. The landmark/PAD module is tuned to reduce normalized mean error under realistic capture conditions so that geometric cues remain stable enough for temporal liveness tests. FaceNet is optimized in two stages: first, the backbone is frozen while the classification head adapts to the target identities; second, the backbone is unfrozen for end-to-end refinement. This staged procedure reduces catastrophic drift in the early epochs and encourages more stable convergence.

Two additional optimization choices are especially important. The first is identity-balanced sampling, which reduces bias toward classes with more images. The second is threshold-aware inference. Because the final recognition decision is based on similarity in embedding space, the operational threshold should be calibrated using validation data, and it should ideally be re-estimated when the camera domain or roster composition changes.

4.3. Deployment Recommendations

Based on the reported evidence, a practical deployment recipe emerges. Use YOLO11 as the default detector for robust entrance filtering. Use landmark-based challenge-response PAD when only commodity RGB cameras are available and latency budgets are tight. Use FaceNet as the verification engine for scalable identity management. Around these core choices, employ frame subsampling, confidence gating, early exit on failed liveness, and cache-friendly embedding storage. In

cloud-assisted attendance, asynchronous upload can be combined with local pre-screening so that weak or clearly spoofed sessions never reach the identity server.

5. Discussion

The benchmark also reveals where further optimization is still needed. The liveness results remain materially lower than the recognition results, which indicates that PAD is currently the weakest block in the integrated framework. This is not surprising: liveness generalization is harder than identity discrimination, especially when operating with only RGB video and limited attack diversity. Future optimization should therefore focus on temporal modeling, attack-wise calibration, and richer PAD metrics such as APCER, BPCER, and ACER.

Another point is that the reported evaluation is predominantly block-wise. For real deployment, the next benchmark iteration should include end-to-end measures such as average transaction latency, percentage of successful attendance sessions, dropout rate per block, and robustness under low-bandwidth or cross-device scenarios. Even so, the present results are sufficient to justify the current selection and optimization strategy.

6. Conclusion

This paper transformed the source manuscript into a comparative and optimization-oriented analysis of an integrated face-based attendance framework. The results support a final pipeline composed of YOLO11 for detection, FacialLandmark68 for liveness, and FaceNet for identity recognition. More importantly, the study shows that robust attendance performance emerges from disciplined block-wise benchmarking and targeted optimization rather than from relying on a single

dominant model family. The derived selection and tuning strategy provides a practical blueprint for future attendance systems that must balance security, accuracy, latency, and resource constraints.

References

1. Schroff F., Kalenichenko D., Philbin J. A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2015.
2. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016.
3. Tan M., Le Q. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning*, 2019.
4. Ultralytics. Explore Ultralytics YOLOv8. Official documentation, 2023.
5. Ultralytics. Ultralytics YOLO11. Official documentation, 2024.
6. Yu Z., Zhao C., Lei Z. Face Presentation Attack Detection. *arXiv preprint arXiv:2212.03680*, 2022.
7. Grishchenko I., Bazarevsky V., Raveendran K., et al. Attention Mesh: High-fidelity Face Mesh Prediction in Real-time. *arXiv preprint arXiv:2006.10962*, 2020.
8. Kazemi V., Sullivan J. One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2014.
9. Soukupová T., Čech J. Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks. *21st Computer Vision Winter Workshop*, 2016.

Ла Куанг Тхиен Сон

Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

Нгуен Тат Куан

Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

Буй Хоанг Нгует Ань

Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

Фам Тран Конг Хоанг

Институт почтовой связи и телекоммуникаций, Вьетнам, г. Хошимин

Нгуен Тхи Нгует

Институт почтовой связи и телекоммуникаций, Вьетнам, г. Хошимин

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ, ПРОВЕРКИ ЖИВОСТИ И РАСПОЗНАВАНИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ НА ОСНОВЕ ЛИЦ

Аннотация. В данной статье исходное исследование переработано в сравнительный и ориентированный на оптимизацию подход, сосредоточенный на выборе модели для интегрированной системы учета посещаемости на основе лиц. Вместо того чтобы представлять систему в основном как единую архитектуру, в статье анализируется поведение различных детекторов, моделей проверки живости и базовых схем распознавания при общих ограничениях развертывания и то, как эти наблюдения влияют на оптимизацию конвейера. В качестве эталона используются три семейства моделей для каждого блока: MTCNN, YOLOv8 и YOLO11 для обнаружения; Для проверки подлинности использовались MiniFASNet, MediaPipe и метод «запрос-ответ» с 68 опорными точками; для распознавания – EfficientNet-B3, ResNet50 и FaceNet. Результаты показывают, что YOLO11 демонстрирует наилучшие показатели обнаружения среди протестированных кандидатов, конструкция PAD на основе опорных точек обеспечивает наиболее практичный компромисс в отношении подлинности при описанной конфигурации, а FaceNet обеспечивает наилучшую дифференциацию личности. Основываясь на этих наблюдениях, в статье разработана стратегия оптимизации, основанная на поблочном бенчмаркинге, двухэтапной тонкой настройке, ранней остановке, сбалансированной по идентификаторам выборке и выводе с учетом порогового значения. Анализ показывает, что эффективные системы учета посещаемости следует оптимизировать как гетерогенные конвейеры, а не как монолитные модели, при этом каждый блок выбирается с учетом его локальной цели, качества интерфейса и стоимости развертывания.

Ключевые слова: проверка посещаемости на основе лиц, бенчмаркинг, сравнение моделей, обнаружение подлинности, оптимизация распознавания лиц, YOLO11, FaceNet, компромиссы при развертывании.

Nguyen Manh Kien

FPT University, Vietnam, Hanoi

Duong Quoc Dat

FPT University, Vietnam, Hanoi

Ngo Minh Hieu

FPT University, Vietnam, Hanoi

Tran Thi Huyen Dieu

FPT University, Vietnam, Hanoi

Nguyen Thi Nguyet

Posts and Telecommunications Institute of Technology, Vietnam, Ho Chi Minh

A MODULAR AND SECURITY-AWARE FACE RECOGNITION ARCHITECTURE WITH INTEGRATED PRESENTATION ATTACK DETECTION FOR REAL-WORLD ATTENDANCE SYSTEMS

Abstract. Face-based attendance is attractive because it is contactless, scalable, and easy to deploy on smartphones and consumer cameras, yet it remains vulnerable to unconstrained capture conditions and presentation attacks. This manuscript reformulates the source study into a modular, security-aware architecture paper for real-world attendance systems. The proposed framework is organized as a deterministic three-block pipeline: face detection, presentation attack detection (PAD), and identity recognition. Each block exposes a strict interface to constrain error propagation and to ensure that recognition is executed only on valid, localized, and live facial inputs. Within this design, YOLO11 is used for face localization, a challenge-response landmark module performs liveness verification through geometric facial dynamics, and FaceNet generates compact embeddings for identity verification. The source experiments show that YOLO11 slightly outperforms the other detectors considered in the study, the selected landmark-based PAD model offers the best balance between practicality and security among the evaluated liveness candidates, and FaceNet provides the strongest recognition performance of the tested identity models. The resulting architecture is computationally lightweight, modular to maintain, and aligned with edge or cloud-assisted attendance scenarios. Beyond reporting the block-wise results, this paper emphasizes the architectural logic, security rationale, and deployment implications of integrating PAD directly into the recognition workflow rather than treating liveness as an optional add-on.

Keywords: face recognition, attendance systems, presentation attack detection, liveness verification, YOLO11, FaceNet, modular architecture, consumer-grade deployment.

1. Introduction

Automated attendance has long been positioned as a practical biometric application because it can reduce manual roll calls, shorten administrative processing time, and improve traceability. Among biometric modalities, face recognition is particularly suitable for attendance because it is contactless, non-invasive, and naturally compatible with cameras already embedded in phones, tablets, and laptops. However, an attendance scenario is significantly more challenging than a controlled authentication kiosk. Images may be

captured under inconsistent lighting, with pose changes, partial occlusions, background clutter, and varying camera quality. In addition, a system that only recognizes identity without validating liveness can be deceived by printed photographs, replayed videos, or other presentation attacks.

The source manuscript developed a three-block attendance pipeline that explicitly combines face detection, anti-spoofing, and identity recognition. This paper re-frames that work as an architecture-oriented contribution. The core argument is that reliable attendance in unconstrained

environments depends not merely on choosing accurate models, but on defining a secure execution order and strict data contracts among system components. In this reformulated view, the contribution is a modular and security-aware recognition architecture in which each block narrows the uncertainty for the next one: the detector limits processing to plausible face regions, the PAD block verifies that the subject is live, and the recognition block performs identity verification only after the input has passed the preceding security gate.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 summarizes the technical background motivating the architectural choices. Section 3 details the proposed modular pipeline and the role of each block. Section 4 presents the dataset design and evaluation protocol inherited from the source study. Section 5 discusses the reported results and interprets them from a deployment and security perspective. Section 6 outlines limitations and future work, and Section 7 concludes the paper.

2. Background and Design Motivation

Modern face recognition systems typically comprise at least three conceptual tasks: localization, liveness assessment, and identity representation. FaceNet remains a foundational choice for representation learning because it maps faces into a compact Euclidean embedding space and supports scalable verification through distance-based comparison [1]. Residual learning, as introduced in ResNet, makes deep feature extraction stable [2], while EfficientNet demonstrates that compound scaling can improve the accuracy–efficiency trade-off in convolutional networks [3]. On the detection side, recent Ultralytics models employ anchor-free heads and optimized training/inference pipelines that are well suited to real-time localization [4, 5].

In parallel, the PAD literature has matured from simple photo-attack detection toward broader protection against both physical and digital presentation attacks [6]. These developments make an integrated design feasible, but they also highlight a central engineering question: how should the individual capabilities be assembled into a trustworthy attendance pipeline?

A purely accuracy-driven design is insufficient. If recognition is executed before liveness validation, an attacker may exploit a strong recognizer with a simple spoofing artifact. If PAD is executed on loosely localized faces, geometric measurements become unstable and false decisions increase. A production-ready attendance system therefore requires architectural ordering, not just model selection. The source study addresses this by treating the pipeline as a sequence of constrained transformations. The present paper adopts and expands that perspective.

3. Proposed Modular and Security-Aware Architecture

The proposed architecture receives a short face video rather than a single still image. This design enables temporal reasoning for liveness and increases robustness to frame-level failures. The video is decomposed into frames, and each frame is processed by the detection block to identify a face bounding box. Only detected face crops are forwarded to the PAD block. If the subject successfully satisfies the liveness challenge, a subset of the validated face crops is passed to the recognition block to compute embeddings and verify identity. In other words, the pipeline enforces a security-first policy: no recognition without detection, and no recognition without liveness.

Table 1

Block	Input	Selected method	Primary function	Security role
Face detection	Video frames	YOLO11	Localize valid face regions	Reject non-face or weakly localized inputs
PAD / liveness	Detected face crops	68-landmark challenge-response module	Verify that the presenter is live	Block spoofed or replayed presentations before recognition
Identity recognition	Live validated face crops	FaceNet	Generate embeddings and verify identity	Accept recognition only after liveness verification

3.1. Block 1: Face Detection as the Entry Gate

The first block is responsible for constraining the visual search space. The source study evaluated MTCNN, YOLOv8, and YOLO11, selecting YOLO11 as the final detector because it achieved the highest accuracy and slightly better recall under the reported conditions; this is also consistent with the strong real-time orientation of recent Ultralytics detectors [4, 5]. In the final architecture, YOLO11 processes each frame and outputs face bounding boxes with confidence scores. Non-maximum suppression is used to suppress overlapping boxes, and the retained regions become the only inputs accepted by the subsequent block. This design has two direct benefits. First, it reduces computational waste because later stages operate on cropped face regions rather than full frames. Second, it improves security by limiting downstream analysis to localized faces instead of arbitrary background patterns.

Architecturally, the detector functions as an input validator. If a frame does not contain a sufficiently confident face, that frame should not contribute to liveness or identity decisions. In operational deployments, this strategy reduces the likelihood that noisy frames, background posters, or incidental bystanders contaminate the attendance transaction.

3.2. Block 2: Presentation Attack Detection as a Security Firewall

The second block is the most security-critical component because it determines whether the presented face belongs to a live participant rather than to an attack instrument. Instead of relying on specialized depth sensors or computationally heavy texture models, the source framework adopts a landmark-based challenge-response design. A detected face is analyzed through 68 facial landmarks, and liveness is inferred from temporal geometric changes associated with instructed actions such as eye closure, blinking, smiling, or sadness [8, 9]. The underlying idea is pragmatic: attendance systems commonly operate on commodity RGB cameras, so liveness verification must remain feasible without dedicated hardware.

This block is best understood as a firewall rather than as a classifier in isolation. Its role is to filter recognition requests using a rule-governed temporal test. For eye-based verification, the system tracks the eye aspect ratio across frames and validates that open and closed states both occur

above a minimum temporal threshold [9]. For expression-based verification, the system evaluates geometric changes in mouth and eyebrow landmarks. Because the challenge is randomized or prompted interactively, the attacker must not only display a target face but also reproduce temporally coherent biological motion. Although landmark-based PAD is not a complete defense against sophisticated replay attacks, it offers a favorable security–cost trade-off for mobile attendance settings.

From an architectural viewpoint, the PAD block turns face recognition from a passive perception task into an active verification workflow. This shift is important. Passive attendance pipelines often optimize convenience at the expense of trust, whereas challenge-response PAD adds a modest interaction burden in exchange for significantly better resistance to low-cost spoofing.

3.3. Block 3: FaceNet-Based Identity Recognition

Once liveness has been established, the framework extracts a fixed number of validated face crops and forwards them to the identity block. The source study compared EfficientNet-B3, ResNet50, and FaceNet, and FaceNet produced the strongest recognition metrics, which is consistent with its embedding-oriented design [1]. This outcome is consistent with FaceNet’s core design objective: learning compact embeddings in which same-identity samples lie close together and different identities are separated by a margin. Inference then becomes a metric comparison problem rather than a full model retraining problem for every enrollment update.

The recognition block therefore contributes both accuracy and operational scalability. Because decisions are made in embedding space, new users can be enrolled with limited data, and template comparison remains efficient even when the attendance roster grows. This is especially useful in universities, events, or volunteer programs where the set of participants changes over time.

3.4. Integration Logic and Failure Containment

The strength of the framework lies not only in the three constituent blocks but also in the way they are connected. Each block consumes a narrower and more trustworthy input than the previous one. Detection constrains spatial uncertainty, PAD constrains authenticity uncertainty, and recognition resolves identity uncertainty. Because

the interfaces are deterministic and well defined, error analysis can also be performed block by block. A missed detection is not confused with a spoofing failure, and a failed liveness challenge is not misinterpreted as an identity mismatch.

This modularity simplifies maintenance and future upgrades. For example, a stronger detector or a more advanced PAD model can be substituted while preserving the rest of the pipeline, provided the input–output contracts are maintained. Such separation is especially valuable in real deployments, where datasets evolve, hardware changes, and policy requirements become stricter over time.

4. Experimental Design and Data Construction

The source manuscript assembled a multi-source dataset aligned with the three-block architecture [10]. For detection, face localization data were drawn from WIDER FACE, a Face-Detection-Dataset subset, and FDDB. For PAD, live and spoof

examples were aggregated from CelebA-Spoof, WFLW, and iBUG-300W, with spoof categories merged into a binary live-versus-spoof task. For identity recognition, the study repurposed CelebA-Spoof, CASIA-FASD, and LCC-FASD into an identity-labeled corpus. The central methodological strength of this design is that each data partition mirrors the functional input requirements of one pipeline block while still contributing to the integrity of the full attendance workflow.

The model-selection protocol was block-wise. Rather than comparing full pipelines end to end from the outset, the study evaluated multiple representative candidate models per block under common hardware conditions. This strategy makes engineering sense because it localizes trade-offs. The best deployment choice is often not the globally most complex model, but the model that best satisfies the objective and resource profile of its own block.

Table 2

Block	Candidate models	Selected model	Selection rationale from source results
Detection	MTCNN, YOLOv8, YOLO11	YOLO11	Best reported accuracy (60%) and slightly highest recall (58.2%) among the tested detectors
PAD	MiniFASNet, MediaPipe, FacialLandmark68	FacialLandmark68	Marginally best recall/F1 among evaluated liveness models while remaining low-cost and interpretable
Recognition	EfficientNet-B3, ResNet50, FaceNet	FaceNet	Best reported recognition metrics: 96.31% accuracy, 95.13% precision, and 96.35% F1-score

5. Results and Discussion

The reported results support the final configuration of YOLO11 + FacialLandmark68 + FaceNet. In the detection block, the two YOLO variants substantially outperformed MTCNN, with YOLO11 offering the best reported accuracy and recall. In the liveness block, the landmark-based approach slightly surpassed MediaPipe on the available metrics while preserving low computational complexity. MiniFASNet exhibited reasonable precision but poor recall in the reported experiment, making it risky for a security-sensitive setting where missed spoof attacks are costly. In the recognition block, FaceNet clearly exceeded EfficientNet-B3 and ResNet50 on accuracy, precision, and F1-score.

Architecturally, these results indicate that a practical attendance system benefits from pairing a strong real-time detector with a low-cost, interaction-based PAD layer and an embedding-centric

recognizer. This combination does not attempt to maximize every isolated benchmark, but it creates a coherent system profile: spatially stable, security-aware, and lightweight enough for real deployment. The modular arrangement also improves interpretability. Administrators can diagnose whether a user failed attendance because the face was not localized, the liveness challenge was not passed, or the identity was not matched.

The source manuscript also reports stable convergence behavior for the chosen models during fine-tuning. Although the available evaluation is primarily block-wise rather than fully transactional, the evidence is sufficient to justify the proposed architecture as a solid systems baseline. For publication purposes, the paper’s main value lies in showing how PAD can be embedded directly into the attendance workflow instead of being appended as a secondary feature.

6. Limitations and Future Work

Two limitations should be acknowledged. First, the selected landmark-based PAD approach is attractive for cost-sensitive deployment, but it remains less comprehensive than advanced texture-temporal or multimodal PAD systems when confronting sophisticated replay or mask attacks. Second, the source evaluation emphasizes block-level metrics; future work should report end-to-end transaction success, full pipeline latency, attack-wise ACER or APCER/BPCER, and robustness under cross-device deployment.

Future research can therefore proceed along three directions. One direction is to replace or augment the current PAD module with a stronger temporal deep model while preserving the same modular interfaces. A second direction is to study adaptive thresholding and confidence fusion across blocks. A third direction is deployment validation on real classrooms or events, including network variability, user behavior, and privacy-aware template management.

7. Conclusion

This paper presented a reformulated architecture-centric version of the original integrated face-recognition study. The resulting design is a modular and security-aware attendance framework in which face detection, presentation attack detection, and identity recognition are executed as a deterministic sequence with explicit interfaces. The reported block-wise results support the use of YOLO11 for detection, landmark-based challenge-response PAD for liveness, and FaceNet for identity verification. More importantly, the study demonstrates that robust attendance is not merely a model-selection problem; it is an architectural problem requiring careful ordering, failure

containment, and security-aware integration. Under these principles, the proposed framework offers a practical foundation for real-world attendance systems built on commodity cameras and scalable recognition back ends.

References

1. Schroff F., Kalenichenko D., Philbin J. A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2015.
2. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016.
3. Tan M., Le Q. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning*, 2019.
4. Ultralytics. Explore Ultralytics YOLOv8. Official documentation, 2023.
5. Ultralytics. Ultralytics YOLO11. Official documentation, 2024.
6. Yu Z., Zhao C., Lei Z. Face Presentation Attack Detection. *arXiv preprint arXiv:2212.03680*, 2022.
7. Grishchenko I., Bazarevsky V., Raveendran K., et al. Attention Mesh: High-fidelity Face Mesh Prediction in Real-time. *arXiv preprint arXiv:2006.10962*, 2020.
8. Kazemi V., Sullivan J. One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2014.
9. Soukupová T., Čech J. Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks. *21st Computer Vision Winter Workshop*, 2016.

Нгуен Мань Киен

Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

Зыонг Куок Дат

Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

Нго Минь Хиеу

Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

Тран Тхи Хуен Дьеу

Университет FPT, Вьетнам, г. Ханой

Нгуен Тхи Нгуен

Институт почтовой связи и телекоммуникаций, Вьетнам, г. Хошимин

МОДУЛЬНАЯ И БЕЗОПАСНАЯ АРХИТЕКТУРА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ОБНАРУЖЕНИЕМ АТАКИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ

Аннотация. Системы учета посещаемости на основе распознавания лиц привлекательны тем, что они бесконтактны, масштабируемы и легко разворачиваются на смартфонах и потребительских камерах, однако они остаются уязвимыми для неконтролируемых условий захвата и атак представления. В данной статье исходное исследование переформулировано в статью о модульной, безопасной архитектуре для реальных систем учета посещаемости. Предложенная структура организована как детерминированный трехблочный конвейер: обнаружение лиц, обнаружение атаки представления (PAD) и распознавание личности. Каждый блок предоставляет строгий интерфейс для ограничения распространения ошибок и обеспечения того, чтобы распознавание выполнялось только на действительных, локализованных и реальных изображениях лица. В рамках этой конструкции YOLO11 используется для локализации лица, модуль проверки подлинности на основе геометрической динамики лица с помощью метода «запрос-ответ» выполняет проверку подлинности лица, а FaceNet генерирует компактные эмбединги для проверки личности. Эксперименты показывают, что YOLO11 немного превосходит другие детекторы, рассмотренные в исследовании, выбранная модель PAD на основе контрольных точек обеспечивает наилучший баланс между практичностью и безопасностью среди оцененных кандидатов на проверку подлинности, а FaceNet демонстрирует самую высокую производительность распознавания среди протестированных моделей идентификации. Полученная архитектура является вычислительно легкой, модульной в обслуживании и соответствует сценариям учета посещаемости с использованием периферийных или облачных вычислений. Помимо представления результатов по блокам, в данной статье подчеркивается архитектурная логика, обоснование безопасности и последствия разворачивания интеграции PAD непосредственно в рабочий процесс распознавания, а не рассмотрение проверки подлинности лица как необязательного дополнения.

Ключевые слова: распознавание лиц, системы учета посещаемости, обнаружение атак на представление, проверка подлинности лица, YOLO11, FaceNet, модульная архитектура, разворачивание потребительского уровня.

ГУСЕЙНОВ Гусейн Самир оглу

магистрант,

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

*Научный руководитель – доцент кафедры компьютерной инженерии
Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности,
кандидат технических наук Сеидова Ирада Бахадур гызы*

МЕТОД ПРЕДИКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА ОСНОВЕ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛЕГКОВЕСНЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УМНОГО ГОРОДА

Аннотация. В работе рассматривается задача повышения эффективности управления транспортными потоками в условиях умного города за счёт применения методов искусственного интеллекта. Предлагается метод предиктивного управления, основанный на краткосрочном прогнозировании транспортной загруженности с использованием легковесных моделей машинного обучения. В отличие от традиционных реактивных систем, предложенный подход позволяет осуществлять управление на опережение, предотвращая образование заторов на перекрёстках. В статье описана архитектура системы, включающая модули сбора данных, прогнозирования и адаптивного управления светофорными фазами. Обоснована целесообразность использования ресурсоэффективных моделей в условиях ограниченных вычислительных ресурсов городской инфраструктуры. Показано, что применение предложенного метода способствует снижению задержек транспортных потоков и повышению общей пропускной способности дорожной сети. Результаты исследования могут быть использованы при разработке интеллектуальных транспортных систем в городах с высокой плотностью движения.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, предиктивное управление, транспортные потоки, краткосрочное прогнозирование, машинное обучение, умный город, адаптивное управление.

Введение

Современные городские транспортные системы функционируют в условиях постоянного роста плотности транспортных потоков, что приводит к увеличению времени задержек, росту уровня загрязнения окружающей среды и снижению общей эффективности городской мобильности. В условиях урбанизации и увеличения числа транспортных средств традиционные методы управления дорожным движением, основанные на фиксированных временных циклах светофорного регулирования, демонстрируют ограниченную адаптивность к динамически изменяющимся условиям.

Развитие интеллектуальных транспортных систем (ITS) и интеграция технологий искусственного интеллекта позволяют перейти от реактивных моделей управления к проактивным стратегиям, основанным на прогнозировании транспортной ситуации. Однако применение сложных глубоких нейронных сетей в

реальной городской инфраструктуре зачастую сопряжено с высокой вычислительной нагрузкой, требованиями к оборудованию и ограничениями по масштабируемости.

В этой связи актуальной задачей является разработка методов предиктивного управления транспортными потоками, основанных на краткосрочном прогнозировании с использованием легковесных моделей машинного обучения, обеспечивающих баланс между точностью и вычислительной эффективностью.

Целью данной работы является разработка метода предиктивного управления транспортными потоками, основанного на краткосрочном прогнозировании интенсивности движения с использованием ресурсоэффективных моделей машинного обучения.

Анализ существующих подходов

Существующие методы управления транспортными потоками можно условно разделить на три основные категории:

1. **Фиксированные системы управления**, использующие заранее заданные циклы светофорного регулирования. Такие системы не учитывают текущую ситуацию на дороге и характеризуются низкой адаптивностью.

2. **Адаптивные системы**, основанные на анализе текущих данных (например, системы типа SCOOT или SCATS), которые изменяют параметры светофорного регулирования в реальном времени. Несмотря на более высокую эффективность, данные системы остаются реактивными и не учитывают будущие изменения.

3. **Интеллектуальные системы с использованием машинного обучения**, включающие методы глубокого обучения, такие как рекуррентные нейронные сети (LSTM) и сверточные нейронные сети (CNN). Эти подходы позволяют прогнозировать транспортные потоки, однако требуют значительных вычислительных ресурсов.

Основным недостатком современных интеллектуальных систем является их высокая вычислительная сложность и зависимость от централизованных вычислительных мощностей, что ограничивает их применение в условиях городской инфраструктуры с ограниченными ресурсами.

Предлагаемый метод

В рамках данной работы предлагается метод предиктивного управления транспортными потоками, включающий три ключевых компонента:

Сбор и предварительная обработка данных

Данные о транспортных потоках формируются на основе:

- видеопотоков с камер наблюдения;
- данных дорожных сенсоров;
- исторических данных о загруженности.

Для обработки видеоданных используются облегченные модели компьютерного зрения (например, MobileNet), обеспечивающие детекцию транспортных средств с минимальной задержкой.

После детекции формируются временные ряды, отражающие:

- интенсивность потока (авто/мин);
- среднюю скорость;
- плотность движения.

Краткосрочное прогнозирование

Для прогнозирования транспортной ситуации на горизонте 5–15 минут предлагается использовать легковесные модели, такие как:

- LightGBM;
- упрощенные нейронные сети;

- линейные регрессионные модели с временными лагами.

Модель обучается на исторических данных и текущих параметрах, включая:

- время суток;
- день недели;
- текущую интенсивность потока;
- погодные условия (при наличии).

Результатом является прогноз значения загруженности перекрестка в ближайшем временном интервале.

Предиктивное управление

В отличие от традиционных систем, предлагаемый метод использует прогноз как управляющий сигнал.

Алгоритм управления включает:

1. Получение прогноза загрузки;
2. Определение оптимальной длительности фаз светофора;
3. Корректировку сигналов до наступления перегрузки.

Таким образом, система не реагирует на уже возникший затор, а предотвращает его формирование.

Научная новизна

Научная новизна предлагаемого подхода заключается в следующем:

1. Разработан метод предиктивного управления транспортными потоками, основанный на краткосрочном прогнозировании, а не реактивном анализе.
2. Предложено использование легковесных моделей машинного обучения, обеспечивающих возможность внедрения на уровне периферийных устройств (edge computing).
3. Введена архитектура, объединяющая компьютерное зрение и временные модели прогнозирования в единую систему управления.
4. Обоснована возможность повышения эффективности управления перекрестками без использования ресурсоемких нейросетевых моделей.

Практическая значимость

Предлагаемый метод может быть применен в условиях городской транспортной инфраструктуры, в том числе в городах с ограниченными вычислительными ресурсами.

Основные преимущества:

- снижение времени задержек на перекрестках;
- уменьшение вероятности образования заторов;
- снижение нагрузки на центральные вычислительные системы;

- возможность масштабирования системы на уровне города.

Особую актуальность метод представляет для внедрения в транспортной системе города Баку, где наблюдается рост транспортной нагрузки и необходимость модернизации инфраструктуры управления движением.

Заключение

В работе предложен метод предиктивного управления транспортными потоками, основанный на краткосрочном прогнозировании с использованием легковесных моделей машинного обучения. В отличие от существующих подходов, предлагаемый метод позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению, что способствует повышению эффективности транспортной системы.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования ресурсоэффективных моделей искусственного интеллекта в интеллектуальных транспортных системах умного города. Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию предложенного метода в реальные городские условия и проведение экспериментальной оценки его эффективности.

Литература

1. Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521. – P. 436-444.
2. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p.
3. Steven S. Skiena. The Data Science Design Manual. – Cham: Springer, 2017. – 431 p.
4. World Bank. Transforming Urban Transport: The Role of Intelligent Transportation Systems. – Washington, 2020.
5. IEEE. Intelligent Transportation Systems: Standards and Applications // IEEE Xplore Digital Library, 2021.
6. Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey Hinton. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Communications of the ACM. – 2017. – Vol. 60(6). – P. 84-90.
7. Guolin Ke et al. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017.
8. European Commission. Intelligent Transport Systems in Europe: Policy and Research Directions. – Brussels, 2022.

HUSEYNOV Huseyn Samir oglu

Master's Student, Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Azerbaijan, Baku

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Computer Engineering
at the Azerbaijan State University of Petroleum and Industry,
Candidate of Technical Sciences Seyidova Irada Bahadur gizi*

A METHOD FOR PREDICTIVE MANAGEMENT OF TRAFFIC FLOWS BASED ON SHORT-TERM FORECASTING USING LIGHTWEIGHT MACHINE LEARNING MODELS IN A SMART CITY

Abstract. This paper addresses the problem of improving traffic flow management efficiency in a smart city environment through the application of artificial intelligence methods. A predictive control approach based on short-term traffic congestion forecasting using lightweight machine learning models is proposed. Unlike traditional reactive systems, the proposed method enables proactive control, preventing congestion formation at intersections. The paper describes the system architecture, including data collection, forecasting, and adaptive traffic signal control modules. The feasibility of using resource-efficient models under limited computational infrastructure conditions is substantiated. It is demonstrated that the proposed method contributes to reducing traffic delays and increasing the overall capacity of the road network. The results of the study can be applied in the development of intelligent transportation systems in cities with high traffic density.

Keywords: intelligent transportation systems, predictive control, traffic flow, short-term forecasting, machine learning, smart city, adaptive control.

КЯЗИМЛИ Минара Дашгын гызы

магистрантка,

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

*Научный руководитель – доцент кафедры компьютерной инженерии
Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности,
доктор философии по техническим наукам Сулейманова Егяна Джалал гызы*

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ПРИЗНАКОВ В ГИБРИДНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. В статье рассматривается метод построения гибридной рекомендательной системы, основанный на динамическом взвешивании результатов контентного и коллаборативного подходов. В отличие от систем с жестким переключением, предлагаемый метод позволяет плавно сочетать экспертные характеристики объектов и поведенческие паттерны пользователей. Описана математическая модель весовых коэффициентов и приведены результаты сравнительного анализа точности предсказаний.

Ключевые слова: рекомендательные системы, гибридные модели, динамическое взвешивание, коллаборативная фильтрация, контентно-ориентированные методы, персонализация, машинное обучение, оценка качества, RMSE, адаптивные алгоритмы.

Введение

Рекомендательные системы являются важным компонентом современных информационных сервисов, включая электронную коммерцию, мультимедийные платформы и социальные сети. Их основная задача заключается в предоставлении пользователям персонализированных рекомендаций на основе анализа различных источников данных, таких как история взаимодействий, характеристики объектов и контекстные параметры.

Развитие рекомендательных систем (РС) прошло путь от простых эвристик до сложных ансамблей моделей. Одной из ключевых проблем остается поиск «золотой середины» между использованием метаданных объектов и историей взаимодействий. Ранее исследованные методы автоматического переключения (Switching Hybrid) эффективно решают проблему «холодного старта», однако они обладают существенным недостатком – дискретностью принятия решения. В момент переключения система резко игнорирует один тип данных в пользу другого, что может приводить к потере точности в переходных состояниях профиля пользователя.

Целью данной работы является разработка метода динамического взвешивания

разнородных признаков в гибридных рекомендательных системах, позволяющего адаптивно изменять вклад различных компонентов модели в зависимости от характеристик пользователя и объектов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются гибридные рекомендательные системы, использующие несколько источников данных для формирования рекомендаций.

Рассмотрим математическую модель гибридизации. Основная идея метода заключается в формировании итогового прогнозного рейтинга $\hat{r}_{u,i}$ как линейной комбинации результатов двух независимых моделей:

$$\hat{r}_{u,i} = \omega_c \cdot P_{CB}(u, i) + \omega_f \cdot P_{CF}(u, i), \quad (1)$$

Где:

- $P_{CB}(u, i)$ – прогноз контентно-ориентированной модели (Content-Based);
- $P_{CF}(u, i)$ – прогноз модели коллаборативной фильтрации (Collaborative Filtering);
- ω_c, ω_f – весовые коэффициенты, причем $\omega_c + \omega_f = 1$.

Для извлечения признаков объектов используется модель векторного пространства. Каждый объект описывается вектором весов TF-IDF. Сходство между профилем пользователя r_u (формируемым как среднее векторов

объектов, которые ему понравились) и кандидатом q_i рассчитывается через косинусное расстояние:

$$P_{CB}(u, i) = \cos(\vec{p}_u, \vec{q}_i) = \frac{\sum p_{uk} \cdot q_{ik}}{\sqrt{\sum p_{uk}^2} \cdot \sqrt{\sum q_{ik}^2}}, \quad (2)$$

Это позволяет системе рекомендовать объекты, похожие по описанию на те, что пользователь выбирал ранее, даже если у этих объектов еще нет истории оценок.

$$\hat{r}_{u,i} = \mu + b_i + b_u + q_i^T \left(p_u + |R(u)|^{-\frac{1}{2}} \sum_{j \in R(u)} y_j \right) \quad (3)$$

Здесь μ – общий средний рейтинг, b_i и b_u – смещения (bias) объекта и пользователя, y_j – векторы неявных предпочтений, а $R(u)$ – это набор объектов, с которыми пользователь взаимодействовал (смотрел, кликал, добавлял в корзину), но не обязательно ставил оценку.

Новизна предлагаемого подхода – алгоритма динамического взвешивания – заключается в расчете веса ω_c на основе «информационной зрелости» профиля пользователя. Мы вводим функцию доверия к коллаборативному методу $f(N_u)$, зависящую от количества оценок пользователя N_u :

$$\omega_f = \frac{1}{1 + e^{-k(N_u - N_0)}}, \quad \omega_c = 1 - \omega_f, \quad (4)$$

Где N_0 – точка перегиба (например, 20 оценок), а k – коэффициент крутизны перехода. Таким образом, для новых пользователей доминирует контентный подход ($\omega_c \rightarrow 1$), а по мере накопления данных система плавно переходит к коллаборативному анализу, не отключая контентную составляющую полностью.

В качестве второго компонента используется алгоритм матричной факторизации SVD++, который учитывает не только явные рейтинги, но и неявную обратную связь (просмотры без оценки). Модель раскладывает матрицу взаимодействий на матрицы скрытых факторов пользователей U и объектов V :

Результаты и их обсуждение

Для проведения экспериментальной оценки был использован набор данных MovieLens 100k, содержащий 100 000 оценок от 943 пользователей по 1682 фильмам. Плотность матрицы взаимодействий составила приблизительно 6.3%, что является репрезентативным показателем для исследования проблемы разреженности данных. Данные были разделены на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки.

Для измерения точности предсказания вещественного рейтинга использовалась метрика MAE (Mean Absolute Error):

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{(u,i) \in T} |r_{ui} - \hat{r}_{ui}|, \quad (5)$$

Для оценки качества ранжирования (топ-N рекомендаций) – метрика nDCG:

$$nDCG = \frac{DCG}{IDCG} = \frac{Discounted\ Cumulative\ Gain}{Ideal\ Discounted\ Cumulative\ Gain}, \quad (6)$$

В таблице представлены сравнительные характеристики разработанной взвешенной модели и базовых подходов.

Таблица

Результаты тестирования моделей

Метод	MAE (общий)	MAE (холодный старт)	nDCG
Контентная модель (TF-IDF)	0.812	0.825	0.612
Коллаборативная фильтрация (SVD)	0.745	1.210	0.695
Метод переключения (Switching Hybrid)	0.712	0.854	0.738
Предлагаемая взвешенная модель	0.684	0.821	0.782

Результаты экспериментального тестирования (табл) демонстрируют превосходство предлагаемой взвешенной модели над классическими и комбинированными подходами по всем ключевым метрикам:

- Минимизация ошибки (MAE): Разработанная модель показала самый низкий уровень ошибки (0.684), что на 3.9% точнее метода переключения и на 8.2% точнее чистой коллаборативной фильтрации. Это говорит о высокой точности предсказания конкретных оценок пользователей.

- Решение проблемы «холодного старта»: В условиях дефицита данных о пользователях предлагаемый метод (MAE 0.821) работает стабильнее всех. Он не только исправляет критический провал SVD-алгоритма (1.210), но и оказывается эффективнее метода переключения, обеспечивая более плавную адаптацию к профилю пользователя.

- Качество ранжирования (nDCG): Рост метрики до 0.782 свидетельствует о том, что система стала значительно лучше распределять объекты в списке рекомендаций, поднимая наиболее релевантные позиции вверх.

Переход от жесткого переключения к динамическому взвешиванию позволил объединить сильные стороны контентного и коллаборативного анализов, обеспечив стабильно высокое качество рекомендаций как для новых, так и для активных пользователей.

Заключение

В данной статье представлен и исследован метод взвешенной гибридизации в рекомендательных системах. Основным научным результатом является разработка механизма динамической адаптации весов, который обеспечивает плавный переход от контентного анализа к учету коллективного опыта. Полученные данные подтверждают, что такая архитектура более устойчива к изменениям объема пользовательских данных и обеспечивает более качественное ранжирование в условиях разреженных матриц.

Дальнейшие исследования будут направлены на внедрение в модель механизмов

глубокого обучения (Deep Hybrid Models) для автоматического извлечения признаков из неструктурированных данных.

Литература

1. Lathia N., Hailes S., Capra L. A study of the dynamic features of recommender systems – University College London, 2010.
2. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Recommender Systems Handbook, 3rd ed. – Springer, 2022.
3. Zhang Y., et al. Dynamic Weighting Mechanisms in Hybrid Recommender Systems – ACM Computing Surveys, 2024.
4. Фальк К. Рекомендательные системы на практике – Москва: ДМК Пресс, 2020.
5. Шалев-Шварц Ш., Бен-Давид Ш. Идеи машинного обучения: от теории к алгоритмам – М.: ДМК Пресс, 2019.
6. Шолле Франсуа. Глубокое обучение на Python – Санкт-Петербург, 2022.

KAZIMLI Minara Dashgin

Graduate Student,

Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Azerbaijan, Baku

*Scientific Advisor – Associate Professor of Computer Engineering
at the Azerbaijan State University of Petroleum and Industry,
PhD in Technical Sciences Suleymanova Yegana Jalal*

A METHOD FOR DYNAMIC WEIGHTING OF HETEROGENEOUS FEATURES IN HYBRID RECOMMENDER SYSTEMS

Abstract. This paper considers a method for constructing a hybrid recommender system based on the dynamic weighting of content-based and collaborative filtering outputs. Unlike systems with rigid switching mechanisms, the proposed method enables a smooth integration of item-specific features and user behavioral patterns. A mathematical model of weighting coefficients is described, and the results of a comparative analysis of prediction accuracy are presented.

Keywords: recommender systems, hybrid models, dynamic weighting, collaborative filtering, content-based methods, personalization, machine learning, evaluation metrics, RMSE, adaptive algorithms.

САГИТОВА Ангелина Римовна

студентка,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского – Мелеузский филиал, Россия, г. Москва**КАНТЮКОВА Арина Рустамовна**

студентка,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского – Мелеузский филиал, Россия, г. Москва**КАНТИМЕРОВА Миляуша Тимергалеевна**

старший преподаватель,

Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского – Мелеузский филиал, Россия, г. Москва**ОСОБЕННОСТИ АНГЛИЙСКОЙ ЛЕКСИКИ В ИТ-СФЕРЕ**

Аннотация. В статье мы рассмотрим, какие выделяют уровни владения английским языком и раскроем структуру английской лексики ИТ-сферы. Разберем ключевые проблемы перевода английской лексики в русскоязычной среде и узнаем, как сохранить точность и понятность в технической коммуникации, а также перечислим несколько эффективных методов, которые помогут улучшить английский для работы в ИТ.

Ключевые слова: английский язык, ИТ, термины, лексика, аббревиатура, сленг.

В сфере информационных технологий английский язык занимает особое место – это не просто средство общения, а настоящий рабочий инструмент. Большинство технологий, документации и обсуждений ведутся на данном языке и владение им зачастую становится неотъемлемой частью профессиональной компетенции.

Но стоит заметить, что перевод ИТ-лексики с английского языка на русский может вызывать определенные трудности из-за специфической терминологии и отсутствия прямых аналогов в русском языке. Помимо того, что многие слова приобретают узкоспециализированный смысл, часто встречаются сокращения, поэтому для новичков могут быть непонятны аббревиатуры.

Ещё можно отметить, что заимствование возможно с адаптацией под русский язык.

Уровни владения английским языком

Для начала рассмотрим уровни владения специалистом английским языком, потому что следует понимать, какой именно уровень необходим для эффективной работы в ИТ-сфере: свободно читать документацию, участвовать в технических обсуждениях, общаться с коллегами и работодателями из разных стран и т. д.

По общеевропейской системе CEFR (Common European Framework of Reference for Languages) существует несколько уровней владения языком, начиная с базового (A1) и заканчивая продвинутым (C2). Они представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни владения английским языком

	Название	Словарный запас	Особенности (что должен уметь?)
A1	Beginner/Elementary (Начальный уровень/Элементарный уровень)	Менее 1500 слов	<ul style="list-style-type: none"> • умение использовать простые фразы и задавать базовые вопросы; • возможность рассказать о себе, месте жительства, семье и т. д.
A2	Pre-intermediate (Предпороговый)	1500–2500 слов	<ul style="list-style-type: none"> • описывать основные аспекты повседневной жизни; • участвовать в более сложном разговоре; • способность написать письмо или сообщение.

	Название	Словарный запас	Особенности (что должен уметь?)
B1	Intermediate (Средний уровень)	2500–3250 слов	<ul style="list-style-type: none"> • понимать, о чём говорят носители (без акцента и жаргонизмов); • прочесть простейшую инструкцию, а также письма, короткие официальные документы.
B2	Upper-Intermediate (Средне-продвинутый)	3250–3750 слов	<ul style="list-style-type: none"> • свободно общаться на английском на разные темы; • взаимодействовать с носителями языка без напряжения для каждой из сторон; • свободно читать технической документации.
C1	Advanced (Продвинутый)	3750–4000 слов	<ul style="list-style-type: none"> • гибко и эффективно использовать язык в социальной, научной и профессиональной деятельности; • понимать неадаптированные фильмы с большим количеством сленга и идиом.
C2	Proficiency (Профессиональный)	От 4500 слов и более	<ul style="list-style-type: none"> • говорить на любую тему без подготовки, точно и без затруднений выражая свою мысль, различая малейшие оттенки значений даже в самых сложных ситуациях; • правильно выполнить письменную работу любой сложности.

Главный смысл такого деления – в удобстве: чтобы выстроить систему обучения даже индивидуально, нужно понимать, какие знаниями уже владеет специалист в сфере IT.

Структура английской IT-лексики: термины, сленг, аббревиатуры

Чтобы эффективно работать в IT-сфере важно не только знать английский язык, но и структуру IT-лексики, в которую входят термины, аббревиатуры, заимствования и сленги.

Терминология формируется под воздействием разных факторов, таких как быстрота технологических изменений, международный характер индустрии и необходимость точной передачи информации. В некоторых странах термины могут иметь свою вариацию, однако базовый набор терминов остается общим. Ключевым моментом в понимании лексики является внимание к словам, которые представляют собой новые концепты или технологии. С появлением новых языков программирования и инструментов возникает необходимость в создании новых терминов или адаптации существующих.

Слова, которые кажутся стандартными, часто имеют уникальные значения в контексте IT. Например, слово «issue» означает не просто «вопрос», а конкретную задачу или проблему в трекере. Или «release» – это не только «выпуск», но и определённая версия продукта.

Начнём с основных терминов, которые формируют фундамент технического словаря

любого айтишника – они создают общую основу профессионального языка:

- bug (баг, ошибка) – ошибка или сбой в коде;
- feature (фича, функция) – функциональная возможность программы, которая решает конкретную задачу;
- patch (исправление, патч) – это небольшое обновление, устраняющее ошибки;
- to debug (отлаживать) – процесс поиска и устранения ошибок;
- to deploy (развернуть) – процесс размещения приложения на сервере, чтобы оно стало доступно пользователям;
- hotfix (срочное исправление) – срочное исправление критической ошибки;
- to commit (зафиксировать) – сохранение изменений в системе контроля ошибки;
- pull request (PR) (запрос на слияние) – запрос на внесение изменений в основной код;
- to merge (объединить) – объединение веток кода;
- stack trace (трассировка стека) – сообщение об ошибке, показывающее последовательность вызовов;
- for your information (FYI) (к вашему сведению) – указывает на важную информацию.

Термины также подразделяются по категориям (направлениям), которые приведены с обозначениями в таблице 2.

Таблица 2

Термины и их значение

Методология	
Термин	Значение
Developer/Programmer	Разработчик, программист – человек, который пишет код и создаёт программы.
Frontend	Фронтенд – часть сайта или приложения, которую видит, и с которой взаимодействует пользователь: кнопки, навигация, анимации, интерфейс.
Backend	Бекенд – «изнаночная» серверная часть приложения: хранение данных, обработка запросов, обеспечение работы фронтенда.
QA	Контроль качества (Quality Assurance) – тестирование и проверка качества продукта.
Data Science	Наука о данных – работа с большими объёмами данных, построение моделей, создание нейросетей.
UX/UI	User Interface / User Experience – пользовательский интерфейс и пользовательский опыт. UI отвечает за внешний вид и удобство управления, а UX – за общие впечатления пользователя от взаимодействия с продуктом.
Outsource	Аутсорсинг – передача задач сторонним специалистам, не работающим в компании.
Разработка	
Термин	Значение
Architecture	Архитектура – структура и логика системы или приложения.
Deployment	Развёртывание – процесс установки и запуска приложения на сервере.
Library	Библиотека – набор готовых фрагментов кода и инструментов для языка программирования.
Ethernet	Сетевой стандарт, по которому работает большая часть интернет-кабелей.
IoT	Интернет вещей – сеть устройств, подключённых к интернету и обменивающихся данными без участия человека.
Testing	Тестирование – процесс проверки работоспособности программы.
SQL	Structured Query Language – популярный язык для работы с базами данных: поиска и изменения данных.
IP	Internet Protocol – набор правил обмена данными в сети. Каждое устройство получает уникальный IP-адрес.
Кибербезопасность	
Термин	Значение
Firewall	Брандмауэр – система, которая контролирует и фильтрует сетевой трафик, защищая устройство или сеть от нежелательных подключений.
Phishing	Фишинг – форма интернет-мошенничества, при которой злоумышленники выманивают личные данные, выдавая себя за доверенные сайты.
DDoS	Распределенный отказ в обслуживании (Distributed Denial of Service) – массовая перегрузка сервера множеством запросов с разных устройств, из-за чего он перестаёт отвечать пользователям.
2FA	Двухфакторная аутентификация – метод авторизации, при котором кроме пароля требуется второй подтверждающий фактор.
Malware	Вредоносное ПО – программы, которые наносят вред устройству, воруют данные или нарушают работу системы.

Нередко встречаются аббревиатуры и сокращения – они экономят время, делают речь лаконичнее, но иногда могут сбить с толку даже опытного специалиста. Давайте разберём самые популярные и важные сокращения,

которые стоит знать каждому, кто работает или интересуется IT:

- API (Application Programming Interface) – интерфейс программирования приложений. Это набор правил и инструментов, с помощью которых программы

взаимодействуют друг с другом.

- SDK (Software Development Kit) – комплект разработчика программного обеспечения. Обычно включает библиотеки, документацию и инструменты для создания приложений.
- DB (Database) – база данных. Место хранения и организации информации для быстрого доступа и управления.
- HTTP/HTTPS (HyperText Transfer Protocol/Secure) – протокол передачи гипертекста, основа обмена данными в интернете. HTTPS – защищённая версия с шифрованием.
- IDE (Integrated Development Environment) – интегрированная среда разработки. Программа, объединяющая редактор кода, компилятор и отладчик.
- CLI/GUI (Command Line Interface/Graphical User Interface) – интерфейс командной строки и графический интерфейс пользователя.
- OS (Operating System) – операционная система: Windows, macOS, Linux и другие.
- AI/ML (Artificial Intelligence/Machine Learning) – искусственный интеллект и машинное обучение.

Конечно, это лишь малая часть аббревиатур, с которыми сталкиваются IT-специалисты, но знание их значений поможет быстрее ориентироваться в профессиональной среде и понимать техническую документацию.

Ещё одна черта английской IT-лексики – заимствования с адаптацией под русский язык: «запустить» (от push), «дебажить» (debug), «мержить» (merge). Такие слова становятся частью профессионального сленга и быстро распространяются среди коллег.

Помимо официальных терминов, специалисты часто используют сленговые выражения – эти слова и фразы рождаются в профессиональной среде, быстро распространяются и становятся частью корпоративной культуры.

Они могут касаться самых разных аспектов: от описания багов и фич до характеристик командной деятельности и рабочих процессов. Знание такого сленга важно для комфортной работы в международных командах, поскольку он встречается в переписке, на созвонах, в документации и даже в комментариях к коду.

Проблемы перевода и адаптации английской лексики в русскоязычной IT-среде.

В мире IT английский язык является универсальным стандартом, однако их перевод и адаптация в русском языке вызывает немало трудностей.

Во-первых, многие термины не имеют точных аналогов в русском языке. Например, слова «commit», «merge», «backend» и «frontend» часто используются без перевода, так как попытки подобрать им эквиваленты выглядят громоздко или теряют смысл. Это приводит к появлению «русиш-IT» – смеси русского и английского, понятной только внутри профессионального сообщества.

Во-вторых, некоторые английские слова имеют несколько значений, поэтому при переводе на русский язык возникает путаница, и часто теряются тонкие смысловые оттенки. Например, слово «issue» переводят как «проблема», хотя в контексте разработки оно означает «задача» или «запрос». В результате русскоязычные команды могут по-разному интерпретировать одни и те же термины, что приводит к недопониманию и ошибкам в работе.

Третья проблема – адаптация новых терминов. Некоторые слова приживаются быстро («debug», «feature»), другие вызывают споры и даже отторжение, например слово «pull request» иногда переводят как «запрос на вытягивание», что звучит неестественно для русского языка. Часто выбор между оригиналом и переводом зависит от корпоративной культуры и предпочтений команды.

Из этого следует:

1. Для снижения барьеров важно создавать качественную русскоязычную документацию, объясняющую новые термины и их значения. Это поможет новичкам быстрее ориентироваться в профессиональной среде и повысит общий уровень культуры общения.

2. Соблюдать баланс между оригиналом и адаптацией: прежде чем заимствовать или переводить термин, важно учитывать контекст его использования. Иногда лучше оставить оригинальное слово, чтобы избежать путаницы, а иногда – подобрать удачный аналог на русском языке.

Грамотный перевод IT-лексики – залог эффективной коммуникации и профессионального роста специалистов, и постоянный поиск баланса между точностью, удобством и привычками профессионального сообщества.

Методы обучения и улучшения английского языка

В современном мире IT-специалисту просто необходимо владеть английским языком и в том числе улучшать его. И на помощь приходят современные технологии: онлайн-платформы с адаптивным обучением позволяют учиться в

удобном темпе, а мобильные приложения делают возможным практиковаться даже в дороге. Особенно полезны специализированные курсы на таких платформах, как Coursera, Udemu, edX, где изучается профессиональная лексика: термины, выражения и шаблоны коммуникации, часто встречающиеся в проектах и при общении с коллегами по всему миру.

Отдельное внимание стоит уделить практике разговорного английского. Регулярные онлайн-встречи с носителями языка, участие в англоязычных форумах, чатах, обсуждениях на GitHub или Reddit, просмотр профильных видео и подкастов – всё это помогает не только расширить словарный запас, но и преодолеть языковой барьер.

Чтение технической литературы (статьи, документация, руководства, учебники) поможет привыкнуть к профессиональной лексике. Например, новичкам подойдут книги вроде «Head First Programming» или «Python Crash Course» – они написаны простым языком и содержат много примеров. Для тех, кто уже уверенно читает по-английски, подойдут классические «Clean Code» Роберта Мартина или «Design Patterns» от GoF. Официальные руководства по языкам программирования (Python, JavaScript, Java) – отличный способ познакомиться с современной терминологией.

Кроме этого, отличной тренировкой для письменной речи и закрепления новых слов хорошо подойдёт ведение заметок и блогов на английском.

Таким образом, сочетание онлайн-ресурсов, специализированных курсов и практики с носителями языка – оптимальный путь для IT-специалиста к уверенной и профессиональной коммуникации на английском.

Подводя итоги, можно отметить, что английская лексика в IT-сфере обладает своей уникальной спецификой, которая отражает быстрое развитие технологий и глобализацию отрасли. Термины часто заимствуются напрямую из английского, что делает язык IT универсальным и понятным для специалистов по всему миру. Однако важно не только знать

слова, но и уметь правильно их применять в контексте, чтобы эффективно общаться и работать в международной среде. Понимание особенностей этой лексики открывает новые возможности для профессионального роста и способствует успешной интеграции в цифровую среду.

Литература

1. Закирова Ю.Р., Кантюкова А.Р., Сагитова А.Р., Хисамутдинова Г.Р. Рейтинг востребованности языков программирования в мире по итогам 2023 года // Научный Лидер. 2024. № 42 (192). URL: <https://scilead.ru/article/7212-rejting-vostrebovannosti-yazikov-programmirov>.
2. Волкова М.Г., Васильева С.Л., Абрамова А.А. Особенности перевода терминов в сфере информационных технологий // Вестник Томского государственного педагогического университета (Tomsk State Pedagogical University Bulletin). 2022. Вып. 6 (224). С. 62-71. DOI:10.23951/1609-624X-2022-6-62-71
3. Чернышов Н.Э., Колтакова С.В. Роль английского языка в сфере информационных технологий // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018034479?ysclid=mnczwyygce6454901>.
4. Английский для IT: основные термины, примеры использования – [Электронный ресурс] – URL: <https://eng.skillbox.ru/blog/english-for-IT>.
5. Английский язык для программистов – [Электронный ресурс] – URL: <https://nsportal.ru/blog/obshcheobrazovatel'naya-tematika/all/2025/03/24/angliyskiy-dlya-programmistov>.
6. Уровни владения английским языком: A1, A2, B1, B2, C1, C2 – [Электронный ресурс] – URL: <https://eng.skillbox.com/blog/urovni-vladeniya-angliiskim-yazykom>.
7. Technology Abbreviations & Acronyms Commonly Used – [Электронный ресурс] – URL: <https://geekflare.com/guide/tech-abbreviations/>.

SAGITOVA Angelina Rimovna

Student, Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky – Meleuz Branch, Russia, Moscow

KANTYUKOVA Arina Rustamovna

Student, Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky – Meleuz Branch, Russia, Moscow

KANTIMEROVA Milyausha Timergalievna

Senior Lecturer, Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky – Meleuz Branch, Russia, Moscow

FEATURES OF USING ENGLISH VOCABULARY IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGY

Abstract. *In this article, we will explore the different levels of English proficiency and the structure of English vocabulary in the IT field. We will discuss the key challenges of translating English vocabulary in a Russian-speaking environment and provide tips on how to maintain accuracy and clarity in technical communication. Additionally, we will highlight some effective methods to improve your English for IT work.*

Keywords: *English language, IT, terms, vocabulary, abbreviations, slang.*

САРИПОВ Денис Рустамович
Frontend Software Engineer, TikTok Ltd, Сингапур

ОПТИМИЗАЦИЯ CPU-HEAVY ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ CSV-ФАЙЛОВ ВО ФРОНТЕНД-ПРИЛОЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB WORKERS И SHAREDARRAYBUFFER

Аннотация. Статья посвящена оптимизации CPU-нагруженной обработки больших CSV-файлов во фронтенд-приложениях. Предлагается и реализуется подход, основанный на использовании пула workers, который сопоставляется с однопоточным выполнением в основном потоке браузера. Разработано воспроизводимое приложение и методика измерений, позволяющие сравнивать режимы исполнения по времени обработки данных и влиянию на отзывчивость интерфейса. Показано, что перенос вычислений из основного потока в worker pool уменьшает блокировки интерфейса и повышает эффективность локальной обработки данных. Практическая ценность работы состоит в демонстрации повторяемого подхода к проектированию CPU-нагруженных фронтенд-сценариев, где требуется совместить обработку больших файлов и сохранение плавной работы интерфейса.

Ключевые слова: frontend-оптимизация, Web Workers, SharedArrayBuffer, CSV, браузерная производительность, многопоточность JavaScript.

1. Введение

Современные фронтенд-приложения все чаще выполняют локальный анализ данных прямо в браузере: загружают файлы пользователя, парсят табличные форматы и немедленно визуализируют результат. Как только объем входных данных приближается к сотням мегабайт, синхронная обработка CSV в main thread начинает конкурировать с рендерингом, обработкой ввода и обновлением интерфейса. В результате пользователь наблюдает долгие блокировки, пропущенные кадры и рост latency даже в тех сценариях, где сама вычислительная задача детерминирована и хорошо распараллеливается.

Вклад работы

Разработано воспроизводимое фронтенд-приложение для сравнения трех способов локальной CSV-обработки; реализован скриптовый генератор детерминированных наборов данных без хранения огромных артефактов в репозитории; подготовлены сводные таблицы результатов, скриншоты интерфейса и PNG-иллюстрации, пригодные для непосредственного включения в публикацию.

2. Теоретическая основа

2.1. Web Workers и параллелизм JavaScript

Параллельное исполнение в браузере обычно строится вокруг Web Workers, однако выигрыш от распараллеливания зависит не только от количества вычислений, но и от

реального поведения JavaScript VM, браузерного scheduler и межпоточного обмена сообщениями. Масштабирование worker-based приложений и выбор числа workers уже рассматривались в литературе [1, с. 105-108], а использование workers для распределения нагрузки в реальном времени показало практическую применимость подхода еще на ранних HTML5-сценариях [2, с. 381-395]. Более общие работы по параллельному JavaScript и data-parallel scheduling также подчеркивают, что выигрыш определяется гранулярностью задач и стоимостью координации [3, 4].

Для CPU-нагруженных фронтенд-сценариев недостаточно ограничиться абстрактным тезисом о вынесении всех вычислений из main thread. Автоматическое распараллеливание и offloading-подходы показывают, что полезный эффект появляется только при балансировке вычислительной части и коммуникационных накладных расходов [5, с. 461-477; 6, с. 170-185]. Поэтому в прикладном эксперименте важно сравнивать не только однопоточный и многопоточный варианты, но и разные способы доставки байтовых данных в workers.

2.2. Общая память и метрики отзывчивости

Отдельного внимания требует shared-memory режим. В более широком контексте browser-side offloading и распределения вычислений для web-приложений рассматриваются как схемы горизонтального offloading между

устройствами, так и mobile-cloud подходы [7, с. 145-161; 8, с. 405-448; 9; 10]. В настоящей работе изучается более узкий, но практически востребованный сценарий, в котором все вычисления остаются внутри браузера пользователя, однако освобождают основной поток от CPU-нагруженного разбора CSV и позволяют контролировать длительные блокировки интерфейса.

3. Архитектура разработанного приложения

В рамках исследования разработано одностраничное React/Vite-приложение в темной

минималистичной теме. Интерфейс показывает источник данных, число workers, текущий метод обработки, прогресс выполнения, итоговые агрегаты и сравнительную диаграмму по всем режимам. Вычислительные метрики фиксируются непосредственно внутри страницы с помощью `performance.now()`, `PerformanceObserver` и `requestAnimationFrame`, поэтому пользователь видит не только итоговое время обработки, но и влияние выбранного режима на плавность работы интерфейса.

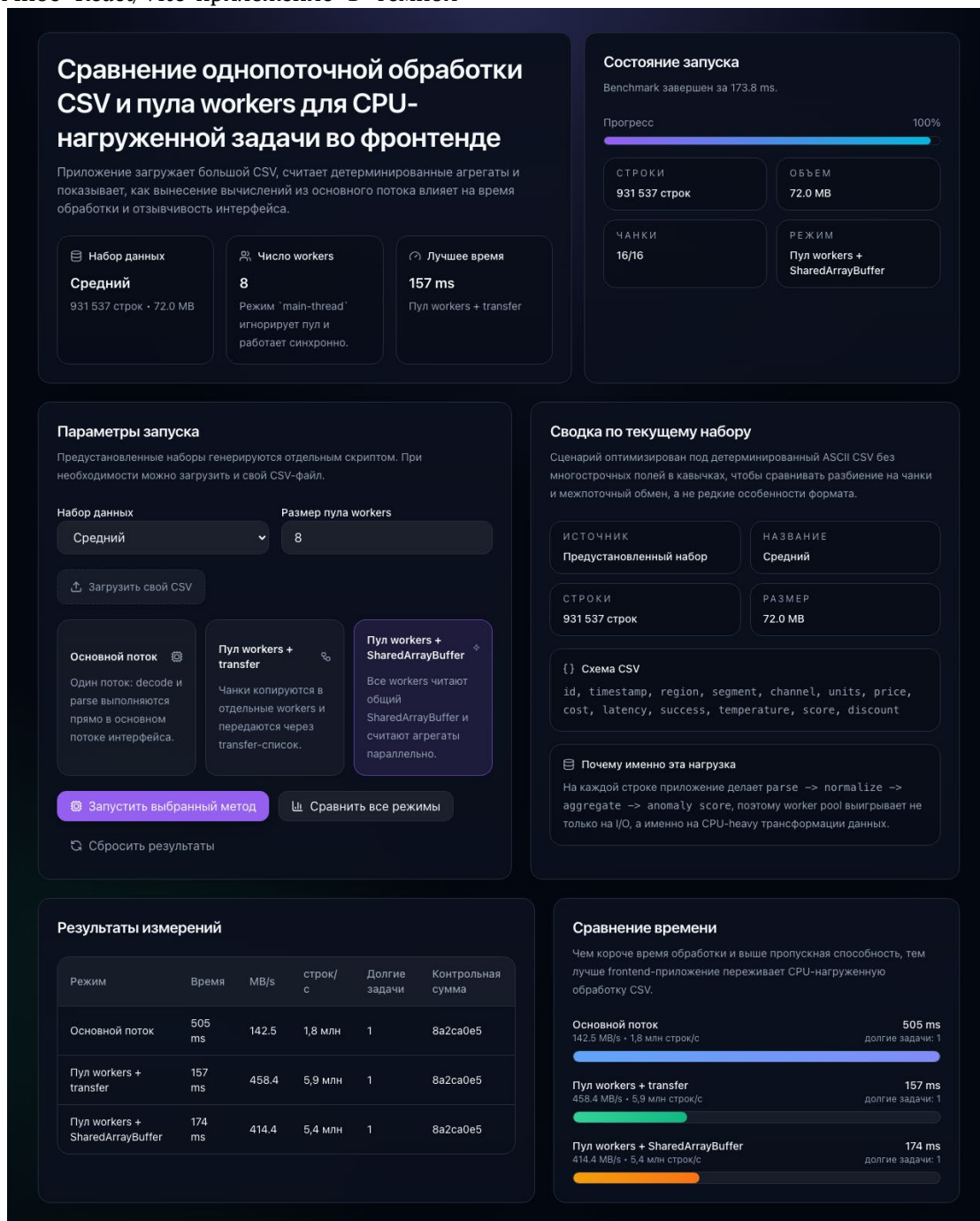


Рис. 1. Интерфейс benchmark-приложения с выбором режима обработки, набора данных и таблицей итоговых результатов

3.1. Генерация входных данных

Входные данные генерируются отдельным скриптом `generate-csv.mjs`, который потоково записывает ASCII CSV-файлы в каталог `public/datasets` и рядом сохраняет `manifest.json` с точными размерами, числом строк и `seed`. В рамках статьи использовались три пресета: `small` (311401 строк, 24 МБ), `medium` (931537 строк, 72 МБ) и `large` (2565927 строк, 200 МБ). Каждая строка содержит идентификатор, временную метку, регион, сегмент, канал, несколько числовых полей и вычисляемые показатели, чтобы нагрузка была связана не только с операциями ввода-вывода, но и с реальными вычислениями на процессоре.

3.2. Три режима обработки

Режим `main-thread` выполняет `fetch`, `decode`, построчный `split`, нормализацию и агрегацию

непосредственно в основном потоке интерфейса. Режим `worker-pool-transfer` разбивает входной буфер на 16 диапазонов байтов, выравнивает их по границам строк и передает соответствующие чанки в пул из 8 выделенных `workers` через `transfer list`. Режим `worker-pool-shared` предварительно формирует один `SharedArrayBuffer`, а `workers` получают только диапазоны и возвращают компактные частичные агрегаты. В отличие от распределенных offloading-моделей [7, с. 145-161; 8, с. 405-448; 9; 10], рассматриваемая архитектура сознательно ограничена одним браузерным контекстом и изолирует влияние локального `worker pool` без участия сети, `edge`-узлов или облачной инфраструктуры.

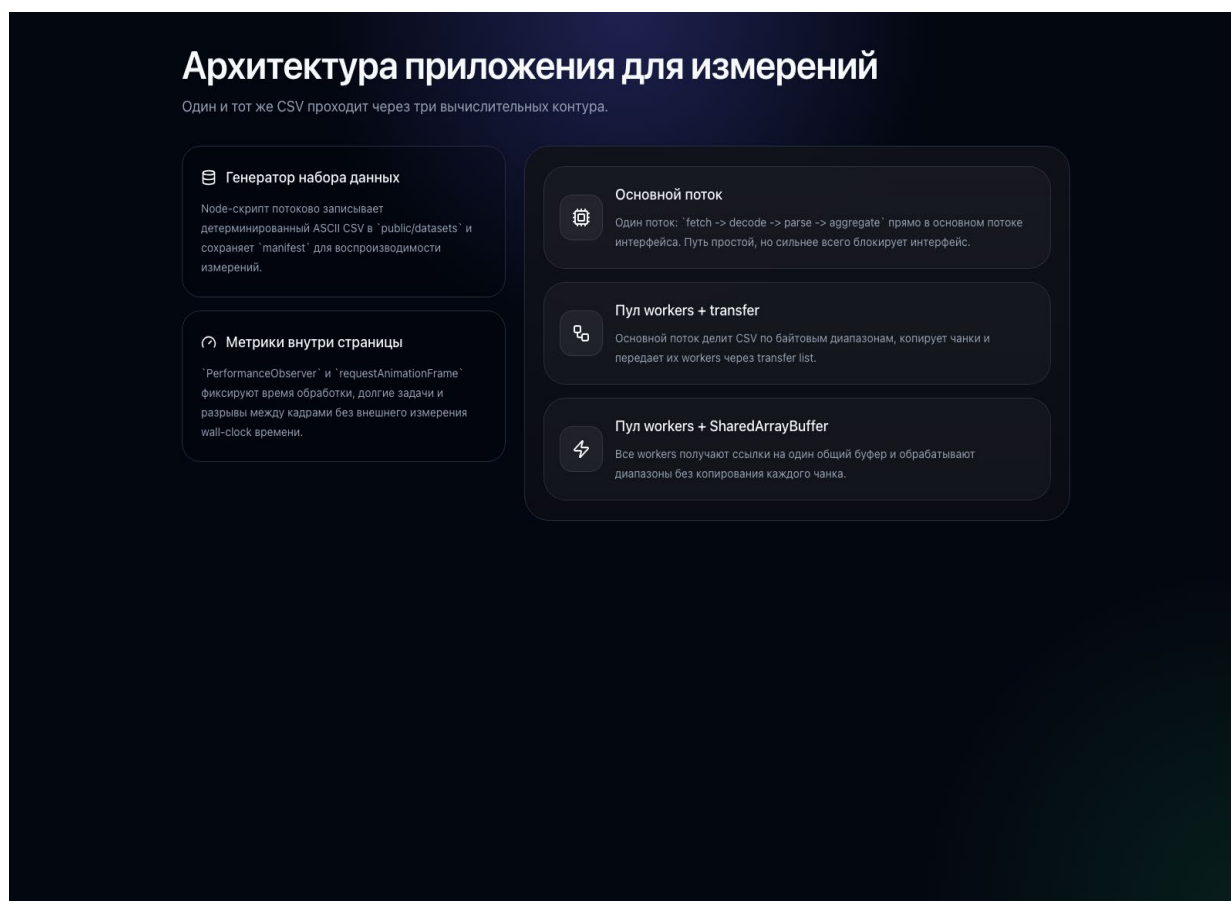


Рис. 2. Архитектура *benchmark*-приложения: скриптовая генерация данных, три вычислительных контура и единый слой агрегации результатов

Однопоточная обработка CSV

```
export function processMainThread(input: ProcessMainThreadInput): ProcessMainThreadOutput {
  const bytes = new Uint8Array(input.arrayBuffer)
  const dataStart = findDataStart(bytes)
  const text = decoder.decode(bytes)
  const partial = createEmptyPartialAggregate()

  let processedRows = 0
  let processedBytes = dataStart
  let lineStart = dataStart

  while (lineStart < text.length) {
    let lineEnd = text.indexOf('\n', lineStart)

    if (lineEnd === -1) {
      lineEnd = text.length
    }

    const line = text.slice(lineStart, lineEnd).trimEnd()
    consumeCsvLine(line, partial)
    processedRows += 1
    processedBytes += lineEnd - lineStart + 1

    if (processedRows % 5000 === 0) {
      input.onProgress?.({
        method: input.method,
        status: 'processing',
        completedChunks: 0,
        totalChunks: 1,
        processedRows,
        processedBytes: Math.min(processedBytes, input.totalBytes),
        totalBytes: input.totalBytes,
        totalRows: input.totalRows,
        fraction: Math.min(1, processedBytes / input.totalBytes),
        message: 'UI thread занят синхронным decode и parse.',
      })
    }

    lineStart = lineEnd + 1
  }

  input.onProgress?.({
    method: input.method,
    status: 'completed',
    completedChunks: 1,
    totalChunks: 1,
    processedRows,
    processedBytes: input.totalBytes,
    totalBytes: input.totalBytes,
    totalRows: input.totalRows,
    fraction: 1,
    message: `Завершено: ${processedRows.toLocaleString('ru-RU')} строк.`,
  })

  return {
    partial,
    processedRows,
    processedBytes: input.totalBytes,
  }
}
```

Рис. 3. Ключевой фрагмент однопоточного пути, в котором декодирование, построчный разбор, обновление прогресса и возврат агрегата выполняются в основном потоке интерфейса

Оркестрация пула workers и сбор результатов

```

const dispatch = (state: WorkerState) => {
  if (settled) return

  const range = ranges[nextRangeIndex]
  if (!range) {
    maybeResolve()
    return
  }

  nextRangeIndex += 1
  activeWorkers += 1
  peakWorkers = Math.max(peakWorkers, activeWorkers)

  if (mode === 'shared') {
    state.worker.postMessage({
      type: 'process-chunk',
      mode,
      sharedBuffer,
      chunkIndex: range.chunkIndex,
      start: range.start,
      end: range.end,
    })
    return
  }

  const chunk = input.arrayBuffer.slice(range.start, range.end)
  state.worker.postMessage(
    {
      type: 'process-chunk',
      mode,
      chunkIndex: range.chunkIndex,
      start: range.start,
      end: range.end,
      buffer: chunk,
    },
    [chunk],
  )
}

for (const state of workers) {
  state.worker.onmessage = (event: MessageEvent<WorkerMessage>) => {
    const message = event.data

    if (message.type === 'chunk-error') {
      rejectWithError(new Error(message.message))
      return
    }

    activeWorkers -= 1
    completedChunks += 1
    processedRows += message.result.processedRows
    processedBytes += message.result.processedBytes
    mergePartials(merged, message.result.partial)

    input.onProgress?.({
      method: input.method,
      status: completedChunks === ranges.length ? 'completed' : 'processing',
      completedChunks,
      totalChunks: ranges.length,
      processedRows,
      processedBytes: Math.min(processedBytes, input.totalBytes),
      totalBytes: input.totalBytes,
      totalRows: input.totalRows,
      fraction: Math.min(1, processedBytes / input.totalBytes),
      message: `Завершено чанков: ${completedChunks}/${ranges.length}.`,
    })

    dispatch(state)
    maybeResolve()
  }

  state.worker.onerror = (event) => {
    rejectWithError(new Error(event.message || 'Worker pool execution failed.'))
  }
}

input.onProgress?.({
  method: input.method,
  status: 'processing',
  completedChunks: 0,
  totalChunks: ranges.length,
  processedRows: 0,
  processedBytes: 0,
  totalBytes: input.totalBytes,
  totalRows: input.totalRows,
  fraction: 0,
  message:
    mode === 'shared'
      ? 'SharedArrayBuffer раздается по worker pool.'
      : 'Чанки копируются и передаются в worker pool.',
})

for (const state of workers) {
  dispatch(state)
}

```

Рис. 4. Фрагмент оркестрации `worker pool`, в котором *dispatch* чанков, обработка сообщений *workers* и слияние частичных агрегатов выполняются в одном управляющем контуре

4. Методика эксперимента

Экспериментальная среда оставалась неизменной для всех прогонов. Для каждого сочетания набора данных и метода выполнялось по три повторения. Время обработки измерялось внутри страницы через `performance.now()`, а показатели плавности интерфейса фиксировались посредством `requestAnimationFrame` и `PerformanceObserver`. Такой дизайн позволяет сравнивать локальные стратегии `worker`-распараллеливания в контролируемых условиях и не смешивать их с эффектами сетевого `offloading`, которые характерны для более широких архитектур [7, с. 145-161; 8, с. 405-448].

Кроме `totalParseMs` фиксировались `rowsPerSecond`, `mbPerSecond`, `avgFrameIntervalMs`, `longTaskCount50ms`, `longFrameCount50ms`, число чанков и

фактическое число занятых `workers`. Такой набор метрик позволяет одновременно оценить чистую вычислительную производительность и влияние выбранной архитектуры на доступность основного потока для рендеринга и реакции на ввод.

5. Результаты

Полученные результаты показывают устойчивый выигрыш от вынесения `CPU-heavy CSV`-обработки из `main thread`. На наборе `medium worker pool` с передачей чанков снизил среднее время с 610,2 мс до 181,3 мс, а режим с общей памятью – до 195,7 мс. На наборе `large` однопоточный режим потребовал 1849,6 мс, тогда как `worker-pool-transfer` и `worker-pool-shared` завершили обработку за 566,3 мс и 543,2 мс соответственно, что соответствует ускорению 3,27х и 3,40х по отношению к базовому варианту.

Таблица

Средние результаты эксперимента по трем наборам данных и трем режимам обработки

Набор данных	Метод	Время, мс	Ускорение	MB/s	Долгие задачи > 50 ms
Малый (24 МБ)	main-thread	233,4	1,00х	104,1	1,0
Малый (24 МБ)	worker-pool-transfer	109,5	2,13х	257,2	0,0
Малый (24 МБ)	worker-pool-shared	106,5	2,19х	225,7	0,0
Средний (72 МБ)	main-thread	610,2	1,00х	118,0	1,0
Средний (72 МБ)	worker-pool-transfer	181,3	3,37х	397,6	0,0
Средний (72 МБ)	worker-pool-shared	195,7	3,12х	368,7	0,0
Крупный (200 МБ)	main-thread	1849,6	1,00х	109,4	1,0
Крупный (200 МБ)	worker-pool-transfer	566,3	3,27х	372,2	0,0
Крупный (200 МБ)	worker-pool-shared	543,2	3,40х	374,7	0,0

Примечание: во всех 27 прогонах контрольная сумма агрегатов оставалась одинаковой внутри каждого набора данных, что подтверждает эквивалентность вычислений при смене способа исполнения.

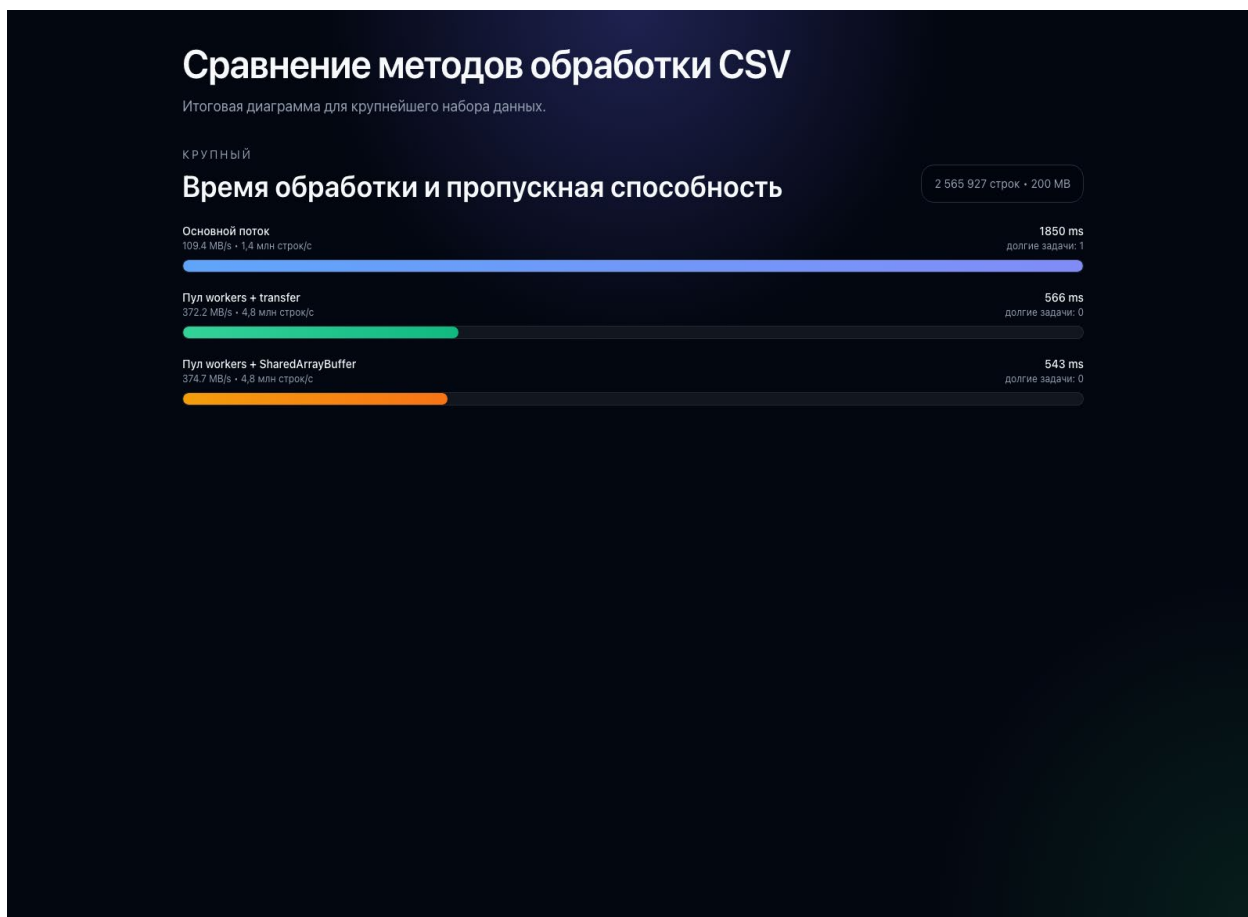


Рис. 5. Сравнение среднего времени обработки и пропускной способности для трех режимов исполнения на крупном наборе данных

Не менее важен эффект на отзывчивость интерфейса. Для набора large средний avgFrameIntervalMs в однопоточном режиме достигал 1850,5 мс, тогда как в worker-пулах он снизился до 38,4 мс и 29,4 мс. На наборе medium аналогичный показатель уменьшился с 616,7 мс до примерно 30 мс. Иными словами, даже если суммарное время вычислений у двух многопоточных режимов близко, перенос работы из основного потока интерфейса радикально уменьшает вероятность заметной «заморозки».

6. Обсуждение

Интересно, что worker-pool-shared не оказался безусловным лидером на всех наборах данных. На small и medium чуть быстрее работал worker-pool-transfer, тогда как на large преимущество перешло к режиму общей памяти. Причина состоит в том, что в данной реализации SharedArrayBuffer уменьшает накладные расходы на доставку чанков и координацию, но перед декодированием диапазон все равно преобразуется в локальное представление байтов для TextDecoder. Это означает, что режим общей памяти особенно полезен там, где размер входного буфера уже достаточен для доминирования накладных расходов на

оркестрацию, но не отменяет необходимости аккуратно проектировать этап декодирования и размер чанков. В более широком прикладном контексте следующим шагом может стать сопоставление локального worker pool с межустройственным и mobile-cloud offloading, описанным в [7, с. 145-161; 8, с. 405-448; 9; 10].

7. Заключение

Для CPU-нагруженных фронтенд-сценариев, связанных с локальной обработкой больших CSV-файлов, выполнение вычислений в main thread оказывается архитектурно неоптимальным: пропускная способность ниже, долгие задачи появляются регулярно, а интерфейс перестает реагировать плавно. Переход к worker pool обеспечивает кратный выигрыш уже на десятках мегабайт, а использование общей памяти дает дополнительный эффект на самых крупных наборах. Построенный в работе воспроизводимый контур – генератор данных, встроенные средства замера, сводные таблицы результатов, скриншоты интерфейса и PNG-иллюстрации – позволяет повторять исследование в одинаковой постановке и использовать полученные артефакты непосредственно в научной публикации.

Литература

1. Verdu J., Pajuelo A. (2016). Performance Scalability Analysis of JavaScript Applications with Web Workers. *IEEE Computer Architecture Letters*, No. 15(1), P. 105-108. DOI: 10.1109/LCA.2015.2494585. <https://doi.org/10.1109/LCA.2015.2494585>.
2. Okamoto S., Kohana M. (2011). Load Distribution by Using Web Workers for a Real-Time Web Application. *International Journal of Web Information Systems*, No. 7(4), P. 381-395. DOI: 10.1108/17440081111187565. <https://doi.org/10.1108/17440081111187565>.
3. Bonetta D., Binder W., Pautasso C. (2013). TigerQuoll: Parallel Event-Based JavaScript. *Proceedings of the 18th ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming*. DOI: 10.1145/2442516.2442541. <https://doi.org/10.1145/2442516.2442541>.
4. Piao X., Kim C., Oh Y., Kim H., Lee J.W. (2014). Efficient CPU-GPU Work Sharing for Data-Parallel JavaScript Workloads. *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web*. DOI: 10.1145/2567948.2577338. <https://doi.org/10.1145/2567948.2577338>.
5. Mardani S., Goel A., Ko R., Madhyastha H.V., Netravali R. (2021). Horcrux: Automatic JavaScript Parallelism for Resource-Efficient Web Computation. *15th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, P. 461-477. <https://www.usenix.org/conference/osdi21/presentation/mardani>.
6. Liu A.-C., You Y.-P. (2022). Offworker: An Offloading Framework for Parallel Web Applications. *Web Information Systems Engineering – WISE 2022*, P. 170-185. DOI: 10.1007/978-3-031-20891-1_13. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20891-1_13.
7. Gallidabino A., Pautasso C. (2018). Decentralized Computation Offloading on the Edge with Liquid WebWorkers. *Web Engineering: 18th International Conference, ICWE 2018*, P. 145-161. DOI: 10.1007/978-3-319-91662-0_11. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91662-0_11.
8. Gallidabino A., Pautasso C. (2019). The Liquid Web Worker API for Horizontal Offloading of Stateless Computations. *Journal of Web Engineering*, No. 17(6-7), P. 405-448. DOI: 10.13052/jwe1540-9589.17672. <https://journals.riverpublishers.com/index.php/JWE/article/view/4141>.
9. Zhang J., Liu W., Gong X., Xu H., Liu C. (2016). WWOFF: An Energy Efficient Offloading Framework for Mobile Webpage. *Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*. DOI: 10.1145/2994374.2994379. <https://doi.org/10.1145/2994374.2994379>.
10. Wang X., Liu X., Huang G., Liu Y. (2013). AppMobiCloud: improving mobile web applications by mobile-cloud convergence. *Proceedings of the 5th Asia-Pacific Symposium on Inter-networkware*. DOI: 10.1145/2532443.2532445. <https://doi.org/10.1145/2532443.2532445>.

SARIPOV Denis Rustamovich

Frontend Software Engineer, TikTok Ltd, Singapore

OPTIMIZATION OF CPU-HEAVY PROCESSING OF LARGE CSV FILES IN FRONT-END APPLICATIONS USING WEB WORKERS AND SHAREDARRAYBUFFER

Abstract. *The article is devoted to optimizing CPU-loaded processing of large CSV files in front-end applications. An approach based on the use of a pool of workers is proposed and implemented, which is compared with single-threaded execution in the main browser thread. A reproducible application and measurement methodology have been developed to compare execution modes in terms of data processing time and impact on interface responsiveness. It is shown that transferring calculations from the main stream to the worker pool reduces interface blockages and increases the efficiency of local data processing. The practical value of the work is to demonstrate a repeatable approach to designing CPU-loaded frontend scenarios, where it is necessary to combine the processing of large files and maintain smooth interface operation.*

Keywords: *frontend optimization, Web Workers, SharedArrayBuffer, CSV, browser productivity, JavaScript multithreading.*

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

ГОРЯЕВ Артем Юрьевич

аспирант, Российский университет транспорта, Россия, г. Москва

СТРОИТЕЛЬСТВО СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕСНЁННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Аннотация. В статье рассматривается проектирование и строительство станции метрополитена глубокого заложения в условиях плотной городской застройки с применением пилонной схемы и технологии «пилот-тоннель». Представлено технико-технологическое обоснование выбора данной конструктивной схемы с позиции минимизации воздействия на окружающую застройку. Учитывая ограниченность пространства, насыщенность подземной инфраструктуры и сложные инженерно-геологические условия (суглинки, уровень заложения 30 м), продемонстрирована эффективность комбинированного метода, включающего механизированную проходку перегонных тоннелей и поэтапное строительство пилонной станции. Проведён сравнительный анализ архитектурно-конструктивных схем, а также дана оценка воздействия на здания с точки зрения допустимых осадок и вибраций. Полученные результаты указывают на рациональность применения пилонной схемы в сочетании с технологией «пилот-тоннель» при реализации проектов метрополитена в условиях плотной городской застройки.

Ключевые слова: метрополитен, пилонная станция, глубокое заложение, плотная застройка, пилот-тоннель, подземное строительство, вибрации.

1. Введение

Современные города сталкиваются с постоянным ростом транспортной нагрузки, что обостряет потребность в развитии эффективных и экологичных видов транспорта. Одним из наиболее перспективных решений остаётся развитие метрополитена – системы, позволяющей обеспечить массовые пассажироперевозки без увеличения нагрузки на улично-дорожную сеть. Особую актуальность приобретает строительство новых станций в сложившейся городской среде, где плотность застройки, насыщенность подземного пространства инженерными коммуникациями и сложные инженерно-геологические условия требуют применения инновационных строительных технологий.

Настоящая статья посвящена анализу проектных и технологических решений при строительстве станции метрополитена глубокого заложения пилонного типа с применением щитовой проходки и технологии «пилот-тоннель», обеспечивающих минимальное воздействие на городскую среду.

2. Цель исследования

Целью данной работы является обоснование выбора конструктивной схемы и технологии

строительства станции метрополитена глубокого заложения в условиях плотной городской застройки, а также выявление преимуществ внедрения экологически и технически эффективных решений, обеспечивающих устойчивое развитие городской инфраструктуры.

3. Обзор аналогов и обоснование

В условиях плотной застройки предпочтение отдаётся технологиям, позволяющим ограничить размеры строительных площадок, снизить уровень вибраций, шумов и осадок поверхности. Щитовая проходка здесь выбивается в явные лидеры. Данный способ отличается высокой скоростью проходки и автоматизацией. Иные же способы ведения работ, такие как, буровзрывной метод и открытый способ, разработка грунта в котором производится в открытом котловане, требуют больших строительных площадок, обеспечивают высокий уровень вибраций и шума, риск повреждения близлежащих сооружений. На фоне перечисленной технология «пилот-тоннель» в сочетании с пилонной схемой станции обладает рядом преимуществ, а главное – возможным и экономически целесообразным в условиях плотной городской застройки. Технология

«пилот-тоннель» с механизированной проходкой перегонных тоннелей посредством ТПМК применяется в ведущих мировых мегаполисах – Москве, Лондоне, Гонконге, Сингапуре. Свою популярность технология обрела за счет совокупности положительных особенностей схемы станции:

- Разделение объемов работ на «отсеки» позволяют вести комплекс работ поэтапно.
- Поперечное сечение станции меньше, чем у колонной, следовательно уменьшается объем выемки грунта.
- Снижение риска деформации, что ведет к упрощению технологии контроля выполнения работ и к более детальному контролю напряженного состояния грунта.

Пилонная схема станции позволяет оптимизировать поперечное сечение выработки и осуществлять поэтапное строительство, разделяя объёмы станции пилонами. Это повышает строительную безопасность, снижает влияние на прилегающие здания и обеспечивает гибкость при выполнении работ в сложных инженерно-геологических условиях.

4. Методика / Объект исследования

Объектом исследования является проектируемая станция метрополитена глубокого заложения пилонного типа, строительство которой осуществляется в условиях плотной городской застройки на территории города Москвы. Глубина заложения станции составляет порядка 30 метров. Геологические условия участка характеризуются преимущественно суглинистыми грунтами с локальным насыщением водоносными горизонтами, что требует применения устойчивых и маловибрационных технологий проходки.

Тип станции. Выбранная конструктивная схема – трёхсводчатая пилонная станция – позволяет минимизировать габариты подземной выработки и обеспечить этапность строительства. Технология сооружения станции основана на принципе «пилот-тоннель»: предварительная проходка контурных выработок малого сечения с последующим их расширением до проектного габарита станции. Данный подход позволяет реализовывать поэтапное строительство в стеснённых условиях, сокращая риск деформационного воздействия на окружающую инфраструктуру.

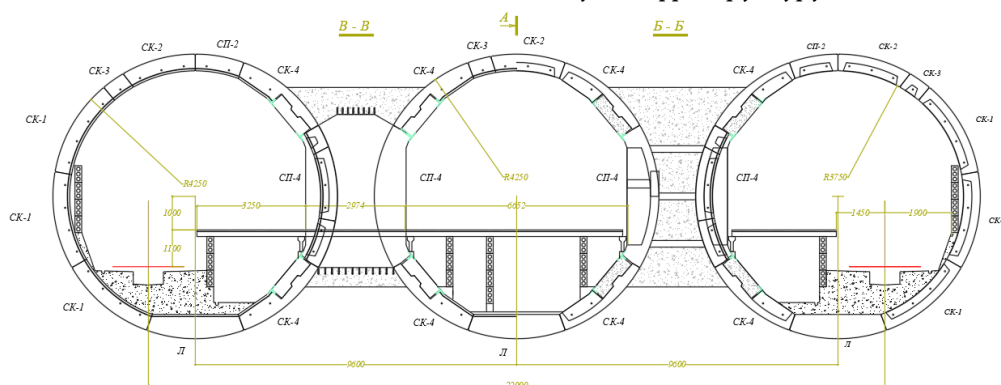


Рис. 1. Поперечный разрез станционного комплекса

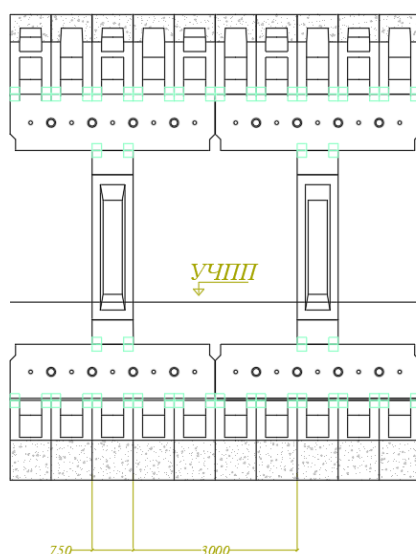


Рис. 2. Продольный разрез пилоны

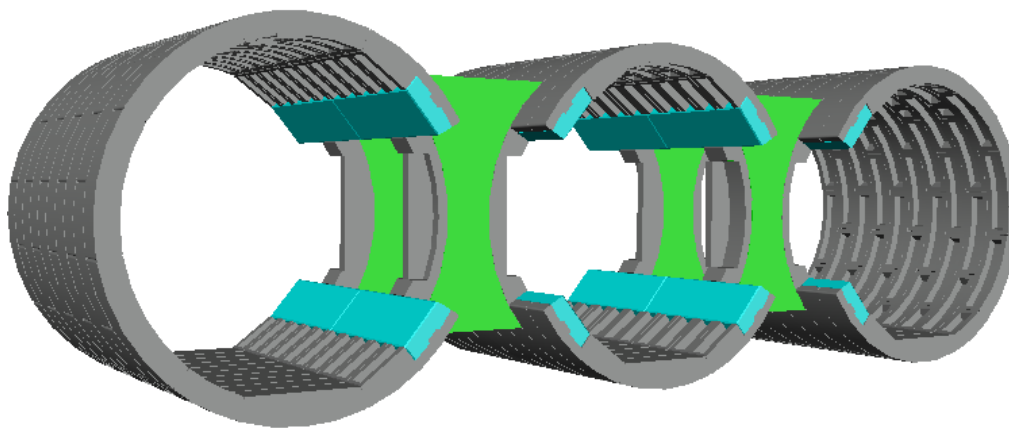


Рис. 3. 3D изображение конструкции из железобетонных блоков

Метод проходки перегонных тоннелей.

Сооружение станционного комплекса будет производиться закрытым способом. Данный метод позволяет гарантировать соблюдение и выполнение важных условий для обеспечения безопасности и эксплуатации конструкции. Устойчивость к внешним и внутренним воздействиям обеспечиваем бесперебойную работу инфраструктуры на поверхности, жители близлежащих районов минимально ощутят весь комплекс подготовительных, строительных и пусконаладочных работ. Работы по сооружению выполняют, как правило, несколько подразделений.

Помимо работы непосредственно в забое, большое количество людей занимается контролем и мониторингом, анализом и наблюдением за различными вспомогательными территориями. наблюдением за различными вспомогательными территориями. Последовательная схема сооружения станции увеличивает общие сроки строительства, однако, данный подход позволяет более детально отслеживать весь процесс работ, вносить изменения и

корректировки, учитывать новые реалии, сложившиеся в процессе возведения станции.

Особенности участка. Зона строительства характеризуется высокой плотностью жилой и коммерческой застройки, наличием подземных инженерных коммуникаций, включая водопроводы, электросети и коллекторы. Расстояние до ближайших фундаментов зданий составляет 20 м, что требует контроля параметров вибрационного воздействия и вертикальных осадок в процессе выполнения работ.

Влияние на окружающие здания: нормативная база. В соответствии с действующими нормами (СП 14.13330, СП 22.13330, DIN 4150-3) при строительстве подземных сооружений необходимо учитывать взаимное влияние на близлежащие здания и инфраструктуру. В рамках данной статьи основной акцент сделан на анализе вибрационных воздействий при применении технологии «пилот-тоннель». Подробные вопросы защиты от шума, блуждающих токов и других факторов остаются за рамками исследования, однако в проектной документации предусматриваются соответствующие меры.

Действующие нормативные акты

Таблица 1

Основные нормативные акты

Параметр	Нормативный документ	Предел
Допустимая вибростойкость	DIN 4150-3 «Vibration in buildings»	до 5 мм/с
Общие правила	СП 120.13330.2012 «Метрополитены»	до 10 мм
Предельно допустимая осадка зданий	СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»	до 85 дБ
Защита зданий от вибраций	СП 465.1325800.2019 «Здания и сооружения. Защита от вибрации метрополитена»	по частотным диапазонам (8–80 Гц)
Методы оценки вибрации при проектировании	СП 23-105-2004 «Оценка вибрации при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена»	регламентирует методику замеров

Приведённые нормативные документы устанавливают предельно допустимые уровни вибрации, осадок и шума, которые должны учитываться при проектировании и строительстве станций метрополитена. В рамках данного исследования акцент сделан на параметрах виброскорости и осадок зданий как наиболее критичных для условий плотной городской

застройки. Таким образом, соблюдение данных требований является обязательным к исполнению при реализации строительства. Данная технология «пилот-тоннель» позволяет удерживать значения вибраций и осадок в допустимых пределах что подтверждает ее эффективность в условиях плотной городской застройки.

Таблица 2

Этапность проведения работ при технологии «пилот-тоннель»

1 этап	Подготовительные работы	Обследование зданий, вынос коммуникаций, монтаж шумозащитных экранов
2 этап	Щитовая проходка перегонных тоннелей	Проходка ТПМК, установка тюбингов
3 этап	Проходка пилотных выработок станции	Контурная выработка малого сечения
4 этап	Расширение камера станции	Демонтаж перемычек, поэтапное формирование основного объема
5 этап	Сооружение постоянных коммуникаций	Устройство обделки, монтаж инженерных систем
6 этап	Отделочные и пусконаладочные работы	Архитектурная отделка, установка оборудования, тестирование

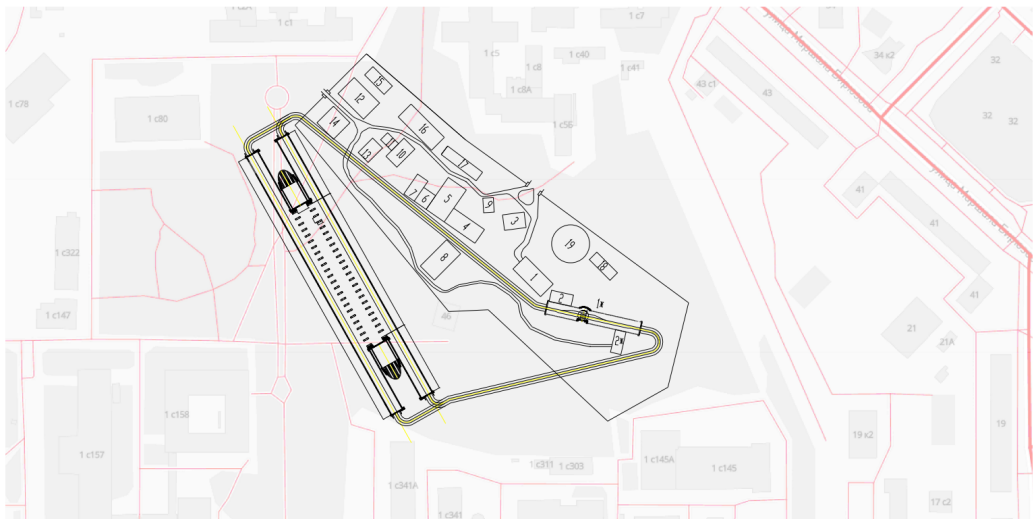


Рис. 4. Ситуационный план

Спецификация помещений и оборудования

Поз	Наименование	9	Мастерская
1	Площадка для монтажа оборудования	10	Арматурный цех
1*	Горный комплекс	11	Кузница
2	Вентиляционное здание	12	Контора
2*	Вентиляционное здание	13	Столовая
3	Сепараторный завод	14	Душкомбинат с медпунктом
4	Бетоносмесительная установка	15	Электростанция
5	Склад цемента с разгрузочной эстакадой	16	Склад ГСМ
6	Материально-технический склад	17	Пункт обслуживания транспорта
7	Лаборатория материалов	18	Депо ремонта и остоя электровозов
8	Склад ЖБ блоков	19	Отвал грунта

Рис. 5. Спецификация помещений и оборудования

5. Результаты и обсуждение

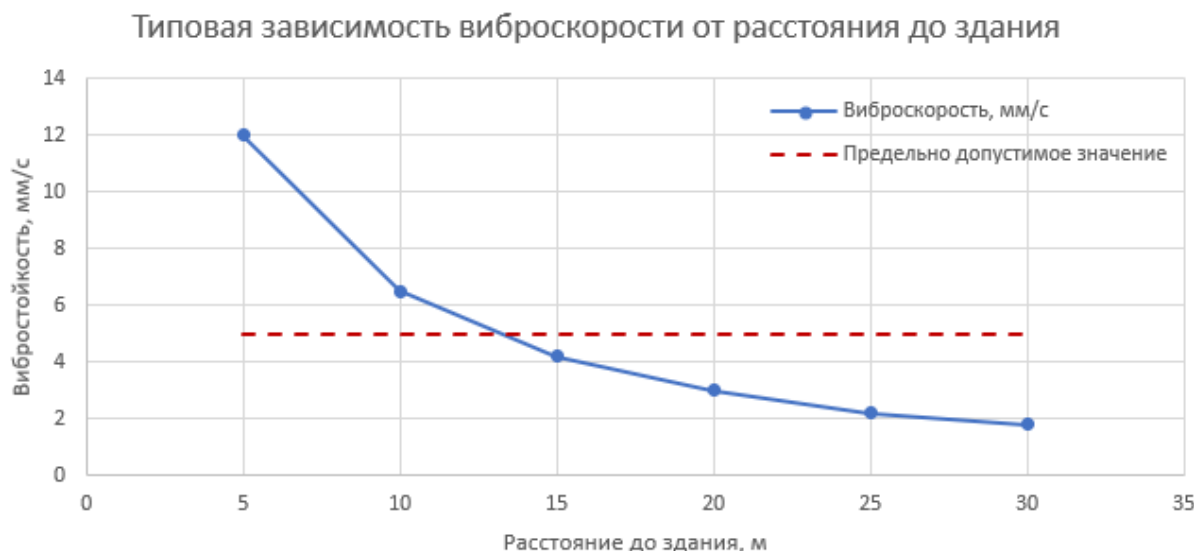


Рис. 6. График типовой зависимости виброскорости от расстояния до здания

В результате анализа проектных решений и сопоставления с нормативными требованиями установлено, что применение технологии «пилот-тоннель» при строительстве станции глубокого заложения в условиях плотной городской застройки позволяет существенно снизить влияние на окружающую инфраструктуру.

5.1. Вибрационное воздействие

Вибрационное воздействие является ключевым фактором, определяющим безопасность. По данным нормативов DIN 4150-3:2016 и СП 465.1325800.2019, предельно допустимая виброскорость для зданий I–II категории не должна превышать 5 мм/с в диапазоне частот от 8 до 80 Гц.

На рисунке 1 представлена типовая зависимость виброскорости (PPV) от расстояния до зданий при проходке в суглинистых грунтах на глубине около 30 м. Анализ показывает, что при расстоянии до здания более 15 м вибрации снижаются до уровня 3–4 мм/с, что укладывается в нормативные пределы. На расстоянии 20–25 м значение виброскорости обычно не превышает 2–3 мм/с.

Данный вывод позволяет сделать вывод, что технология «пилот-тоннель» обеспечивает контролируемое распространение вибраций.

Одним из ключевых показателей воздействия подземного строительства на

окружающую среду является величина вертикальных осадок зданий. В соответствии с требованиями СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», предельно допустимая осадка зданий не должна превышать 10 мм.

Результаты анализа литературных данных показывают, что при применении технологии «пилот-тоннель» в условиях аналогичных геологических характеристик осадки зданий составляют 4–8 мм, что существенно ниже предельно допустимого уровня.

Стоит отметить, что такое снижение характеризуется именно методом разработки грунта, а именно поэтапно выполнением работ и постепенное расширение выработки, что дает снижение разгрузки на массив грунта. Контроль напряженно-деформированного состояния позволяет избежать концентрации деформаций в зоне фундаментов зданий.

5.2 Сравнение технологий строительства станции

Для заключения выделения положительных черт данной технологии привожу сравнительную оценку с альтернативными методами строительства станции глубокого заложения: щитовой проходкой, буровзрывной метод и технологией открытого способа ведения работ.

Таблица 3

Сравнение технологий по основным параметрам

Параметр	Пилот-тоннель	Использование щита единого диаметра	Буровзрывной способ	Открытый способ
Вибрации	Низкие (≤ 5 мм/с)	Средние (6–8 мм/с)	Высокие (> 10 мм/с)	Незначительные при отсутствии взрывных работ
Осадка зданий	4–8 мм	8–12 мм	> 12 мм	Возможны локальные превышения в зоне котлована
Степень контроля над процессом	Высокая (поэтапная проходка)	Средняя	Низкая (импульсное воздействие)	Средняя
Уровень шума	Низкий	Средний	Высокий	Высокий (работа спецтехники)
Инженерно-геологическая устойчивость	Высокая	Средняя	Низкая	Низкая
Применимость при плотной застройке	Высокая	Средняя	Ограниченная	Практически невозможна

Основные выводы по результатам:

Проведённое сравнение подтверждает, что технология «пилот-тоннель» обладает комплексными преимуществами в условиях плотной городской застройки. В отличие от открытого способа, требующего значительных площадей и сопровождающегося риском деформаций прилегающих зданий, метод пилот-тоннель позволяет вести строительство с минимальными нарушениями городской среды.

По совокупности факторов – низкому уровню вибраций, управляемости процесса, безопасности и контролю осадок – данный метод представляет собой наиболее рациональное решение для сооружения станций глубокого заложения.

Эти результаты согласуются с современными тенденциями подземного строительства, направленными на снижение воздействия на существующую инфраструктуру при сохранении производительности и качества строительных процессов.

Ограничением данного исследования является отсутствие инструментальных замеров вибраций и осадок. Тем не менее, сопоставление с опубликованными данными и нормативными требованиями позволяет сделать достоверные качественные выводы.

5.3 Аналитическая оценка вибрационного воздействия при щитовой проходке

В предварительной инженерной оценке вибрационного воздействия при механизированной проходке тоннелей широко применяется аппроксимация затухания максимальной виброскорости PPV (пиковая скорость частиц) с расстоянием степенной зависимостью. В качестве расчетной модели принимается выражение:

$$PPV(R) = PPV_{R_0} \left(\frac{R_0}{R} \right)^n, \quad (1)$$

PPV(R) – прогнозируемая максимальная виброскорость на расстоянии R от оси мм/с;

PPV_{R_0} – виброскорость на опорном расстоянии R_0 , мм/с;

n – показатель затухания, зависящий от технологии ведения работ и номенклатуры грунтов.

Для суглинков и закрытом способе ведения работ показатель затухания n в инженерной практике обычно принимают в диапазоне 1.1–1.6. Опорное расстояние принимается $R_0 = 10$ м, для удобства сравнения показаний.

Преобразуем исходные данные в уравнение:

Глубина заложения принимается порядка 30 м, грунты – суглинки, расстояние до близлежащих фундаментов зданий порядка 20 м. Опорное расстояние для предварительной оценки принимается $R_0 = 10$ м. Для более

наглядной разницы изменения величины базовое расстояние устанавливается 10 м.

$$PPV(10) = PPV10 \left(\frac{10}{10} \right)^{1.3},$$

$$PPV(10) = 6 \cdot 11.3,$$

$$PPV(10) = 6.$$

* В качестве опорного значения виброскорости принято значение $PPV10 = 6$ мм/с. Данное значение выбрано на основе анализа опубликованных данных и нормативных данных. Согласно источникам по результатам мониторинга, значение виброскорости при работе тоннелепроходческих комплексов в непосредственной близости от близлежащих зданий, как правило, не превышают 5–7 мм/с.

На расстоянии $R = 15$ м:

$$PPV(15) = PPV10 \left(\frac{10}{15} \right)^{1.3},$$

$$PPV(15) = 6 \cdot (0.67)^{1.3},$$

$$PPV(15) = 6 \cdot 0.59 = 3,54 \text{ мм/с.}$$

На расстоянии $R = 20$ м:

$$PPV(20) = PPV10 \left(\frac{10}{20} \right)^{1.3},$$

$$PPV(20) = 6 \cdot (0.50)^{1.3},$$

$$PPV(20) = 6 \cdot 0.41 = 2,46 \text{ мм/с.}$$

На расстоянии $R = 25$ м:

$$PPV(25) = PPV10 \left(\frac{10}{25} \right)^{1.3},$$

$$PPV(25) = 6 \cdot (0.40)^{1.3},$$

$$PPV(25) = 6 \cdot 0.3 = 1,8 \text{ мм/с.}$$

На основе полученных данных можно сделать вывод, что полученные значения виброскорости на расстояниях 15–25 м не превышают предельно допустимый уровень 5 мм/с, установленных нормативными документами. Данный вывод подтверждает допустимость применения щитовой проходки в условиях плотной городской застройки.

Данная зависимость используется для метода предварительного аналитического вердикта вибрационного воздействия на стадии обоснования проектных решений.

Метод не заменяет собой инструментальные измерения, однако, позволяет на раннем этапе сравнить варианты технологий строительства и сравнить их с нормативными требованиями.

6. Заключение

Комплексное применение технологии «пилот-тоннель» и пилонной конструктивной схемы при строительстве станции метрополитена глубокого заложения в условиях плотной городской застройки позволяет эффективно

решать задачи минимизации влияния на окружающую инфраструктуру.

В рамках работы предложен аналитический подход к предварительной оценке вибрационного воздействия при щитовой проходке тоннелей, основанный на степенной зависимости затухания виброскорости с расстоянием. Установлено и показано, что при типовых условиях строительства станции глубокого заложения в суглинках расчет значения виброскорости на расстояниях более 15м, как правило, не превышают значений, установленных нормативными актами.

Пилонная схема станции обеспечивает поэтапное и управляемое выполнение работ, что особенно важно в условиях плотной застройки и насыщенности подземного пространства инженерными коммуникациями.

Литература

1. СП 23-105-2004. Оценка вибрации при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена. – М.: Госстрой России, 2004.
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. – Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. – М.: Минстрой России, 2014.
3. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. – Актуализированная редакция СНиП II-7-81. – М.: Минрегион России, 2014.
4. СП 465.1325800.2019. Здания и сооружения. Защита от вибрации метрополитена. Правила проектирования. – М.: Минстрой России, 2019.
5. Главатских В.А. Строительство метрополитенов: учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / В.А. Главатских, В.С. Молчанов; под ред. В.А. Главатских. – Москва: Маршрут, 2006.
6. Проектирование мостов с сейсмоизолирующими устройствами / Курбацкий Е.Н. – Казахстан, Алматы, Научно-техническое пособие (проект), 2013.
7. Сейсмостойкость мостов (учебное пособие / Курбацкий Е.Н., Пестрякова Е.А. и Зернов И.И. – М.: Издательство АСВ, Учебное пособие, 2021.
8. Experimental and Numerical Study on Structural Vibration Response of Buildings Along the Subway Tunnel., 2017.

9. Review on Vibration Monitoring and Its Application during Shield Tunnel Construction Period., 2024.

10. Comparative Study of Tunnel Blast-Induced Vibration on Tunnel Surfaces and Inside Surrounding Rock., 2019.

GORYAEV Artem Yurievich

Postgraduate Student, Russian University of Transport, Russia, Moscow

CONSTRUCTION OF A DEEP-LAID METRO STATION IN A CRAMPED URBAN ENVIRONMENT

Abstract. *The article discusses the design and construction of a deep-laid subway station in a dense urban environment using a pylon scheme and "pilot tunnel" technology. A feasibility study is presented for the choice of this design scheme from the perspective of minimizing the impact on the surrounding building. Taking into account the limited space, the saturation of the underground infrastructure and difficult engineering and geological conditions (loams, a level of 30 m), the effectiveness of the combined method, including mechanized tunneling and the phased construction of a pylon station, has been demonstrated. A comparative analysis of architectural and structural schemes has been carried out, as well as an assessment of the impact on buildings in terms of permissible precipitation and vibrations. The obtained results indicate the rationality of using the pylon scheme in combination with the "pilot tunnel" technology in the implementation of metro projects in conditions of dense urban construction.*

Keywords: subway, pylon station, deep laying, dense buildings, pi-lot tunnel, underground construction, vibrations.

СЕЙФ Сара

магистрантка,

Московский государственный строительный университет, Россия, г. Москва

Научный руководитель – профессор

Московского государственного строительного университета,

доктор архитектуры Ильвицкая Светлана Валерьевна

СТРАТЕГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ «ПАМЯТИ МЕСТА» В АРХИТЕКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Аннотация. *Статья освещает взаимосвязь между «памятью места» и архитектурным проектированием, предлагая теоретическую и методологическую основу. Цель настоящей статьи – рассмотреть эмоциональные факторы как основу архитектурного проектирования на уровнях: города, здания, интерьера. Здесь автор попыталась сформировать основы трансформации «память места» в архитектурное проектирование, с целью укрепления чувство принадлежности и идентичности жителей.*

Ключевые слова: *архитектурное проектирование, память места, местные материалы, эмоциональный дизайн, пространственная преемственность, поселения, эмоциональное проектирование, Сирия.*

Эмоциональный дизайн, как часть архитектурного проектирования специалистами часто не принимается как главенствующий фактор. Но, ведь мы проектируем для человека, и если вопросы эргономики давно ставятся во главу угла при разработке проектов, то эмоции пока не нашли должного места в проектах.

Человек несёт свою память и эмоции внутрь своего жилища, на работу, в места, где он проводит большую часть времени. Эти эмоции формируются в пространстве: города, зданий, помещений.

Поэтому архитектору важно проектировать городские пространства, здания и помещения таким образом, чтобы, создавая эмоции посетителя, в соответствии с назначением помещения, формируя «память места». Многие объекты на территории Сирии запроектированы с чисто утилитарными функциями, и обезличены в эмоциональном плане. Такие объекты разрывают связь с городской памятью, создают психологическое отчуждение. Отсутствие идентичности человека и места его проживания, способствуя утрате принадлежности [8].

Способствовать созданию «памяти места» – это не эстетическая роскошь, а психологическая необходимость. «Память места» – это самоидентификация человека в пространстве, создание позитивных эмоций. Для Латакии, где жители страдали от маргинализации, войны и перемещения важно создание проектными

средствами таких пространств, где формируется самоидентификация человека, его принадлежность месту, городу, стране, психологическое спокойствие и ощущение Родины.

Эта идея прослеживается в материалах нескольких исследователей, например:

- Джон Бэрингтон в книге «Архитектура как повествование» выдвигает идею о том, что архитектура зданий и дизайн интерьеров могут быть «пространственными нарративами», рассказывающими историю места и его жителей [1]. Поэтому, архитектурные средства могут стать элементами трансформации «памяти места», замещая эмоции человека.

- Морис Хальбвакс в своих трудах утверждает, что память нуждается в «пространственных рамках» для своего существования [3, с. 890-903].

- Дэвид Харви добавляет, что «контроль над внутренним пространством (домом, кварталом) является продолжением контроля над общественным пространством» [4, с. 23-40]. Поэтому проектирование интерьера нельзя отделять от более широкого политического и социального контекста. В случае Латакии, где «память места» постоянно подвергается угрозам, необходимо проектирование, основанная на формировании позитивного облика города, пространства, здания, интерьера.

- Архитектор Кристиан Норберг-Шульц в книге «Гений места» указывает, что подлинное

место характеризуется «преемственностью» между различными его уровнями: природным ландшафтом, поселением, зданием, помещением [6]. Каждый следующий уровень несёт в себе след предыдущего уровня, так создается ощущение единства и принадлежности. Разрыв этой преемственности приводит к утрате «духа места» и абстрактности пространства [6].

- Исследовательница Мэри Дуглас в своей книге «Ритуал и символический порядок» предлагает концепцию «порога» как переходного пространства между внешним и внутренним [2]. Порог – это символическая зона, несущая значения перехода и преображения. В интерьерах пороговые пространства это – входные зоны, коридоры, фойе, они могут быть спроектированы как «мосты памяти», переносящие человека из общественного пространства, заряженного коллективной памятью, в приватное [2].

- Дональд Норман предлагает сенсорный подход как один из механизмов эмоционального проектирования, позволяющий архитектору преобразовывать сенсорные элементы, связанные с памятью (цвета, звуки, запахи, текстуры), в детали проекта и архитектурные элементы [8].

- Юхани Палласма добавляет, что это преображение не должно быть буквальным (например, повесить на стену картину с морем), а необходима трансформация в абстрактные элементы [7].

Методы формирования «памяти места» в проектных решениях:

1. Использование местных материалов: материалы, несущие материальные следы прошлого (ракушечник, традиционный камень из старых зданий, местная керамическая плитка), обладают способностью ассоциироваться в памяти с традициями, поскольку они несут в себе «осязаемую память», которую невозможно имитировать современными материалами [5]. Повторное использование этих материалов в интерьерном проектировании – это не только экологически устойчивая практика, но и практика, сохраняющая преемственность памяти во времени [5].

2. Использование традиционных форм в качестве основы формирования архитектурных элементов; Создание функционального модуля.

3. Сохранение визуальных следов в контексте коллективной памяти (материальных следов прошлого (даже частичных)) может

составлять основу для преемственности памяти между поколениями [3, с. 890-903]. Этими следами могут быть старая стена, надпись на стене, часть оригинального пола или даже следы, несущие историю длительного использования. Это может быть реализовано через:

- Сохранение части старой каменной стены, открытой внутри современного интерьера, чтобы она служила визуальным фокусом и носителем памяти.

- Сохранение части традиционной напольной плитки и её объединение с новым полом.

- Сохранение фасадов оригинальных металлических контейнеров как свидетельства этапа основания района.

4. Использование в интерьерах и экстерьерах визуального и звукового контента:

- Включение исторических фотографий района (старая площадь Рамль, лодочная станция, рынок) в виде фресок, картин, фотографий;

- Включение карт района в элементы интерьеров и экстерьеров;

- Включение звуковых элементов в пространства с помощью установки небольших динамиков (шум моря).

5. Сенсорная симуляция может быть применена через:

- Цвета: использование оттенков синего и зелёного, вдохновлённых морем, для окраски стен, жёлтого и оранжевого, вдохновлённых песком пляжа, для аксессуаров, а также металлических цветов (серого, ржаво-оранжевого), напоминающих о старых металлических контейнерах.

- Освещение: проектирование тёплого освещения с изменяемой интенсивностью, имитирующего изменение солнечного света в течение дня, с акцентом в вечернее время на зонах отдыха для создания интимной атмосферы.

- Материалы: использование материалов, имитирующих текстуру песка (шероховатая штукатурка, песчаник) или текстуру металла (металлические листы повторного формирования, металлическая отделка).

- Звук: добавление небольшого водного элемента внутри помещения (небольшой фонтан), имитирующего звук волн, или установка скрытой звуковой системы, способной воспроизводить звуки моря и рынка.

Этот подход к проектированию, основан на реальных потребностях жителей, связанных с

формированием с коллективной «памяти места» поскольку такой подход к проектированию пространств отражает образ жизни и социальные отношения; адаптируется к местным условиям: поскольку использует доступные местные материалы; выражает локальную идентичность: поскольку несёт уникальные культурные черты, которые невозможно воспроизвести в унифицированных проектах.

Литература

1. Barington J. (2009). Story Architecture: A Narrative Methodology for Design. London: Routledge.
2. Eronen M. (2024). Places for people's experiences [Doctoral thesis]. Luleå University of Technology.
3. Conway B. (2014). New Directions in the Sociology of Collective Memory and Commemoration. *Sociology Compass*, No. 8(7), P. 890-903.
4. Harvey D. (2008). The right to the city. *New Left Review*, No. 53, P. 23-40.
5. Khandani N., Shahhoseini H., Pakdel Fard M.R., Sattari Sarbangholi H. (2025). The Impact of Sensory Preferences on Enhancing Place Attachment and Social Interactions of Users: A Case Study of Commercial Complexes in Tabriz. *Journal of Architecture and Urban Planning*, Article 1076985.
6. Norberg-Schulz C. (1980). *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*. New York: Rizzoli.
7. Pallasmaa J. (2012). *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
8. Norman D.A. (2004). *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*. Basic Books.
9. Ramkissoon H., Van Der Veen R., Salaripour A., Seif Reihani Z., Aflaki A. (2024). The impact of sensory experiences on place attachment, place loyalty and civic participation: Evidence from Rasht, Iran. *City, Culture and Society*, 38, 100592.
10. Steadman C., Lipworth L. (2025). *Capturing the Atmosphere of the High Street*. Institute of Place Management.

SEIF Sarah

Graduate Student, Moscow State University of Civil Engineering, Russia, Moscow

*Scientific Advisor – Professor of the Moscow State University of Civil Engineering,
Doctor of Architecture Ilvitskaya Svetlana Valeryevna*

STRATEGIES FOR TRANSFORMING THE "MEMORY OF A PLACE" INTO ARCHITECTURAL ELEMENTS

Abstract. *The article highlights the relationship between "place memory" and architectural design, offering a theoretical and methodological framework. The purpose of this article is to consider emotional factors as the basis of architectural design at the levels of: city, building, interior. Here, the author tried to form the foundations for the transformation of "place memory" into architectural design, in order to strengthen the sense of belonging and identity of the inhabitants.*

Keywords: *architectural design, memory of a place, local materials, emotional design, spatial continuity, settlements, Syria.*



10.51635/AI-15-301_w254n

ШАПОВАЛОВ Иван Викторович

магистрант, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортюнова – филиал Донского государственного аграрного университета, Россия, г. Новочеркасск

Научный руководитель – доцент кафедры агролесомелиорации и ландшафтного строительства Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А. К. Кортюнова – филиала Донского государственного аграрного университета, кандидат сельскохозяйственных наук Антонникова Людмила Анатольевна

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МБУ «ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА» САЛЬСКОГО ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье кратко изложена история создания парка МБУ «Парка культуры и отдыха» Сальского городского поселения Ростовской области, его современное состояние и перспектива развития.

Ключевые слова: история, памятники, аттракционы, благоустройство.

Свою историю город Сальск начинает с 1899 года, когда он именовался станцией Торговая, а с 1926 года это посёлок Торговый, административный центр Сальского района Ростовской области. По современной классификации, в настоящее время – Сальское городское поселение. Это небольшой городок площадью 4388,3 га, расположен в самом сердце Сальских степей, с населением (по данным 2021 года) 57937 человек. Иногда Сальск называют «Столицей Сальских степей» [1].

Исторически Сальские степи служили не только просто обширными пастбищами, но и своеобразными «воротами на Кавказ» через которые проходили древние торговые пути.

Так же история Сальских степей связана с немецкими колонистами, переселившимися сюда в XIX веке. Основывая здесь свои поселения, немцы принесли свою культуру и передовые для того времени хозяйственные традиции. Отголоски этого наследия и по сей день можно увидеть в архитектуре некоторых зданий и в истории населенных пунктов [1].

Климат здесь соответствующий: согласно классификации климатов Кёппена-Гейгера Сальск расположен в зоне влажного континентального климата с умеренно холодной зимой

и жарким летом [6]. Абсолютный максимум температуры воздуха достигает в июле-августе и достигает +41,7...+41,2⁰С соответственно. Многолетний абсолютный минимум температур наблюдается с ноября по декабрь и колеблется от -29,9 до -33,5⁰С. Среднегодовая температура воздуха +10,5⁰С. Зимой снежный покров неустойчивый, наблюдаются частые оттепели, так как средние многолетние зимние температуры колеблются в пределах -1...-3⁰С. Среднегодовое количество осадков 540 мм. Наибольшее их количество выпадает в мае-июне и в декабре [2].

История парка культуры и отдыха начинается с 13 октября 1948 года, когда был утвержден проект городского парка культуры и отдыха им. когда был утвержден проект городского парка культуры и отдыха им. 30-летия ВЛКСМ в Сальске. Парк планировали разместить на месте бывшего городского стадиона, расположенного между ДК «Коммунар», улицами Московской и Первомайской до переулка Коммунального [3].

В 50-х годах прошлого века вход в парк стал бесплатным (рис. 1). Для посетителей работала танцплощадка, был открыт фонтан с живой чешуей. Построены аттракционы.



Рис. 1. Вход в парк 50-е годы XX века

С 1960 по 1980 годы парк развивался. Были установлены новые аттракционы, проведен водопровод. Построены спортивные площадки и

летний кинотеатр. Для получения рассады цветочных культур построили теплицу.



Рис. 2. Статуя «Материнство»

В парке имеется привлекательная статуя «Материнство». Создана в 1989 году скульптором Галиной Петровной Левицкой. Выполнена из белого цветного бетона и мраморной крошки. Олицетворяет материнство под лозунгом «Пусть всегда будет солнце!» (рис. 2). У подножия статуи установленная скамья примирения [4].

В 1994 году городской парк был переименован в «Парк культуры и отдыха» города Сальска.

В 2006 году в связи с расширением туристического потока администрацией города было принято решение сделать парк визитной карточкой города. В парке установили новые аттракционы «Круговой обзор», «Сюрприз».

В 2008 году открыли новый фонтан (рис. 3), после реконструкции заработал аттракцион «Веселые горки» и была построена новая детская площадка [5].

С 22 февраля 2018 года в Ростовской области действует областной закон № 1331-ЗС «О

туризме в Ростовской области», а также реализуются государственные программы, направленные на развитие инфраструктуры, поддержку туристических проектов.



Рис. 3. Новый фонтан в парке

Парк культуры и отдыха в г. Сальске был заложен еще в 1948 году и хотя частично в нем проводились какие-то работы по поддержке удовлетворительного состояния в 2018 году появилась возможность провести глобальную реконструкцию парка в рамках федеральной программы «Формирование комфортной городской среды»

Для этого администрацией был разработан дизайн-проект благоустройства городского парка, который был выставлен в Москве на конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды в малых городах и

исторических поселениях (рис. 4). Победить не удалось, однако, проект победил на областном конкурсе.

В 2019 году была разработана проектно-сметная документация, получившая положительное заключение государственной экспертизы. Уже в 2020 году по результатам электронного аукциона по отбору подрядной организации на выполнение работ победу одержала компания ООО «НоворосИнжиниринг». С этой компанией был заключен муниципальный контракт на реконструкцию городского парка культуры и отдыха.



Рис. 4. Эскиз перепланировки с элементами благоустройства

В настоящее время работы завершены. Нами проведен социологический опрос жителей – посетителей парка. Мнения разделились. Кому-то понравилось, но большинство людей жаловались на слишком открытый ландшафт, на не прижившиеся растения, на недостаток скамеек и садовых диванов и т. д.

Всего нами было опрошено 455 человек, просили оценить состояние парка по 5 бальной шкале, где 5 наивысшая оценка:

- 56% пользователей поставили 5.
- 17% пользователей поставили 4.
- 12% пользователей поставили 3.
- 6% пользователей поставили 2.
- 9% пользователей поставили 1.

Вывод

Парк реконструировался много лет, менялись подрядчики, срывались сроки. Сейчас

парк открыт, но по опросу видно, что далеко не все удовлетворены выполненной работой. Поэтому впереди еще много работы и по озеленению. И по благоустройству.

Литература

1. <https://ru.ruwiki.ru> (дата обращения: 28.03.2026).
2. <https://cyclowiki.org> (дата обращения: 28.03.2026).
3. culture.ruafisha7.ru (дата обращения: 02.04.2026).
4. <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 03.04.2026).
5. infourok.ru (дата обращения: 05.04.2026).
6. <https://stav-geo.ru>.

SHAPOVALOV Ivan Viktorovich

Master's Student, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute
named after A. K. Kortunov – a branch of the Don State Agrarian University,
Russia, Novocherkassk

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Agroforestry
and Landscape Construction of the Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute
named after A. K. Kortunov – a branch of the Don State Agrarian University,
Candidate of Agricultural Sciences Antonnikova Lyudmila Anatolyevna*

THE HISTORY OF DEVELOPMENT AND THE CURRENT STATE OF THE MBU "PARK OF CULTURE AND RECREATION" OF THE SALSKY URBAN SETTLEMENT OF THE ROSTOV REGION

Abstract. The article briefly describes the history of the creation of the MBU Park of Culture and Recreation in the Salsky urban settlement of the Rostov region, its current state and development prospects.

Keywords: history, monuments, attractions, landscaping.

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

БОРИСОВА Нарыйаана

ученица 10 класса,

МБОУ «Бетюнская средняя общеобразовательная школа имени Н. Е. Иванова
с дополнительным обучением предметов агропрофилированного направления»,
Россия, Республика Саха (Якутия), Амгинский улус, с. Бетюнцы

Научный руководитель – учитель труда (технологии)

*МБОУ «Бетюнская средняя общеобразовательная школа имени Н. Е. Иванова
с дополнительным обучением предметов агропрофилированного направления»
Самсонова Туйара Петровна*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИТГРасса НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАТУРАЛЬНОГО ПРОДУКТА

Аннотация. Статья посвящена изучению пользы сока из пророщенной пшеницы (витграсса) как натуральной альтернативы биологически активным добавкам (БАДам). В работе рассматривается актуальность использования экологически чистых продуктов для поддержания здоровья, красоты и долголетия.

Ключевые слова: витграсс, пророщенная пшеница, сок из ростков пшеницы, экологически чистые продукты, натуральное оздоровление, укрепление иммунитета, здоровый образ жизни.

Актуальность исследования: применение экологически чистых, натуральных продуктов вместо бадов крайне полезно и важно для здоровья человека. Выжатый сок из пророщенной пшеницы – уникальный метод, который можно любому человеку использовать для красоты и крепкого здоровья, долголетия. Такой сок в науке называют витграссом.

Объект исследования: пророщенная пшеница.

Предмет исследования: польза сока из пророщенной пшеницы.

Цель работы: изучение основ научных исследований и пользы практического применения витграсса.

Задачи:

- Изучить из литературы и СМИ о целебных свойствах пророщенной пшеницы;
- Наблюдать и исследовать процесс прорастания пшеничных зерен;
- Провести опыт применения витграсса и проследить за анализами и состоянием

исследуемых людей. На эксперимент согласились 2 педагога: учительница Мария Денисовна в возрасте 45 лет и молодой педагог Кирилл Петрович в возрасте 23 лет, учитель физкультуры.

Методы: эмпирические и опытно-практические.

Практическая значимость: позволит улучшить здоровье человека.

Гипотеза: мы предполагаем, что человеку нужно вместо дорогостоящих лекарств применение сока из пророщенной пшеницы, это позволит не только поправить здоровье, но и поможет изрядно сэкономить финансы.

Этап теоретического исследования

Витграсс (wheatgrass) – это свежевыжатый сок из молодых ростков пшеницы. На западе он давно завоевал популярность благодаря своим уникальным свойствам. Его можно встретить буквально везде – в фитнес и йога центрах, салонах, барах и кофейнях, кафе и ресторанах. Среди знаменитостей его любят такие

сторонники экологически чистых продуктов и здорового образа жизни, как Мадонна, Эшли Джадд, Кейт Мосс, Стинг и многие другие. И любовь эта неслучайна.

Сегодня витграсс вызывает живой интерес у жителей нашей страны и стремительно набирает обороты популярности.

Рекомендации к применению витграсса:

- При истощении, пониженном иммунитете, после болезни;
- При повышенном уровне холестерина в крови;
- При нарушении обмена веществ и ожирении;
- При наличии в организме различных новообразований;
- При плохом зрении;
- При сахарном диабете.

Польза

Витграсс стимулирует обмен веществ, восполняет дефицит витаминов и минералов в организме, помогает организму очиститься от шлаков, помогает работе желудочно-кишечного тракта, нормализует микрофлору кишечника, рекомендуется при лечении ожирения, сахарного диабета, различных видов аллергии.

Благотворно влияет на состояние ногтей и кожи, восстанавливает поврежденные волосы. И, в общем, очень благотворно влияет на организм.

В проростках пшеницы содержится большое количество белков, углеводов, фосфора, калия, магния, марганца, кальция, цинка, железа, селена, меди, ванадия и др., витаминов B1, B2, B3, B5, B6, B9, E, F, а также биотин, целлюлоза и живые ферменты. Они способствуют нормальной работе мозга и сердца, улучшают состояние кожи и волос, замедляют процесс старения.

Витграсс при длительном употреблении способен сотворить с организмом настоящее чудо. Живая пища налаживает правильное функционирование органов и обменных процессов в организме. Улучшается общий тонус, повышается сопротивляемость организма к инфекциям, поднимается иммунитет, нормализуется обмен веществ. Живая еда наполняет тело энергией и силой.

Этап экспериментального исследования

Прорастить пшеницу в школьных условиях очень легко. Мы решили это узнать и прорастили пшеницу методом гидропоники. Гидропоника – это способ выращивания растений на искусственных средах без почвы. Наши наблюдения по технологии проращивания пшеницы:

- 1 день – взяли 10 кг пшеницы, положили в контейнер и залили тёплой водой, промыли. Затем выложили на сито, переложили на контейнер, опрыскали тёплой водой. Семена должны быть всегда влажными. Контейнер ставим в хорошо освещённое место, но не под прямые солнечные лучи. У нас есть фитолампы, некоторые контейнеры стояли под ними (особенно в феврале).
- 2 день – ближе к обеду приоткрыли пшеницу. Она уже дала ростки – появились белые побеги.
- 3 день – ростки пшеницы проросли сквозь марлю на 1 см.
- 4 день – ростки пшеницы увеличились ещё на 2 см. 5 день – измерили ростки, длина которых составила 5 см.

Итак, можем сделать вывод – ростки у пшеницы появляются уже через день и растут очень быстро. На этом процесс не закончен. В первые сутки зерна необходимо промывать теплой водой, потом складывать их обратно.

Вывод:

1. Изучив научную литературу, узнали пользу ростков пшеницы для укрепления здоровья человека.
2. Опытным путем, применив сок, пришли к выводу, что витграсс очень полезен для человеческого организма.
3. Есть подтверждающие анализы участников, у которых результаты улучшились.

Заключение

Для того, чтобы получить максимум питательных веществ, необходимо правильно проращивать пшеницу, что нам и удалось.

Витграсс – уникальный натуральный продукт, который поможет нам поддерживать организм в хорошей форме и оставаться всегда активными и здоровыми.

Литература

1. Залетаева И.А., Книга о растениях. «Колос». 2004.
2. Лэм Э.К. Растения – М.: «Мир», 2008.
3. Сухова Т.С., Строганов В.И. Природа: введение в биологию и экологию. – М.: Вентана-Граф, 2010.
4. Материал с сервера www.semena.ru.
5. <http://microzelen.ru/articles/261991>.
6. <https://bestlavka.ru/kak-vyrastit-mikrozelen-v-domashnih-usloviyah/>.
7. Бутенко Виктория. Зелень для жизни. – С-П.: Питер, 2018.

BORISOVA Naryaana

10th Grade Student, MBOU "Betyunskaya Secondary General Education School
named after N. E. Ivanov with Additional Training in Agricultural Subjects",
Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Amginsky ulus, Betyuntsy

*Scientific Advisor – Teacher of Labor (Technology)
of MBOU "Betyunskaya Secondary General Education School named
after N. E. Ivanov with Additional Training in Agricultural Subjects"
Samsonova Tuyara Petrovna*

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF WITGRASS ON HUMAN HEALTH: EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A NATURAL PRODUCT

Abstract. *The article is devoted to the study of the benefits of juice from sprouted wheat (witgrass) as a natural alternative to biologically active additives (dietary supplements). The paper examines the relevance of using environmentally friendly products to maintain health, beauty and longevity.*

Keywords: *wheatgrass, sprouted wheat, wheat germ juice, environmentally friendly products, natural wellness, immune system strengthening, healthy lifestyle.*

ФИЛОЛОГИЯ, ИНОСТРАННЫЕ ЯЗЫКИ, ЖУРНАЛИСТИКА

АБДУРАХМОНОВ Мирсаид Музаффарович

докторант, Навоийский государственный университет, Республика Узбекистан, г. Навои

ИСТОРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СОЦИАЛЬНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ НАВОЙСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН)

Аннотация. В статье анализируется историческое освещение социально-экономических процессов и социального сотрудничества в региональных печатных изданиях Навоийской области Республики Узбекистан. Исследование показывает, что региональная пресса не только информирует, но и формирует общественное мнение, повышает уровень сознания населения и способствует развитию гражданской активности.

Ключевые слова: региональная пресса, социально-экономические процессы, сотрудничество, СМИ, гражданское общество, общественное мнение.

В годы независимости Республики Узбекистан масштабные социально-экономические реформы охватили все сферы общественной жизни. В этих процессах важное место заняли модернизация системы государственного управления, либерализация экономики, развитие институтов гражданского общества, а также совершенствование механизмов социального сотрудничества. Данные преобразования нашли широкое и системное отражение в деятельности средств массовой информации, в частности, и в региональных печатных изданиях.

Президентом Республики Узбекистан Шавкатом Мирзиёевым было отмечено, что «Средства массовой информации должны стать наиболее эффективным средством диалога с народом» [1]. Данное положение глубоко раскрывает сущность деятельности региональной прессы. Именно через региональные газеты освещаются повседневная жизнь населения, его проблемы, потребности и предложения, что способствует формированию атмосферы открытого общественного диалога.

В газете «Банк ва ҳаёт» («Банк и жизнь») широко освещается роль экономического

сотрудничества и финансовой системы. В частности, в номере от 24 мая 2023 года отмечается: «Сотрудничество банков и предпринимателей расширяется на основе новых проектов» [2, с. 1]. Данная цитата свидетельствует об активном участии финансовых институтов в развитии региональной экономики. Анализ других материалов газеты показывает, что банковская система рассматривается не только как механизм кредитования, но и как стратегический фактор экономического развития. Кроме того, в региональной прессе особое внимание уделяется развитию малого бизнеса и частного предпринимательства, что играет важную роль в обеспечении занятости населения и укреплении экономической стабильности.

Навоийская область отличается высоким промышленным потенциалом, и данное обстоятельство широко освещается в региональной прессе. В газете «Горняк» регулярно публикуются материалы, посвященные развитию горнометаллургической промышленности, повышению эффективности производства и внедрению инновационных технологий. В частности, в номере от 28 мая 2015 года приводится следующее положение: «Повышение эффективности

производства и внедрение новых технологий являются актуальной задачей современности» [3, с. 3]. Данная цитата свидетельствует о том, что процессы модернизации занимают важное место в региональной экономике.

Кроме того, в материалах газеты освещаются вопросы деятельности трудовых коллективов, производственной культуры и техники безопасности. Это указывает на то, что региональная пресса оказывает не только информационное, но и стимулирующее воздействие на развитие промышленности. В региональных печатных изданиях значительное место занимает освещение социальной жизни, в особенности деятельности института махалли (свода граждан). Система махалли как важнейшее звено гражданского общества широко представлена в материалах прессы.

В частности, в газете «Бустон» приводится следующая мысль: «Женщины махалли, выступая в роли активных участников, принимают деятельное участие в общественной жизни» [4, с. 2]. Данное высказывание раскрывает роль женщин в социальной жизни общества. Это свидетельствует о том, что вопросы гендерного равенства и социальной активности остаются актуальными. Через деятельность института махалли формируются механизмы решения социальных проблем, поддержки населения и обеспечения социальной стабильности.

Среди региональных печатных изданий, издаваемых в Навоийской области, особое место занимает газета «Знамя дружбы». Данное издание функционирует под учредительством областного хокимията (органа местной исполнительной власти в Узбекистане) и комплексно освещает различные направления региональной жизни – социально-экономические, политические, культурно-просветительские, а также общественные процессы. В этом отношении материалы данной газеты представляют значительную научную ценность как исторический источник, отражающий процессы развития области.

Газета «Знамя дружбы» отличается многогранностью своего содержания и направленности: в ней регулярно публикуются материалы, посвященные экономике, образованию, здравоохранению, системе махалли, молодежной политике, культуре и другим сферам. Это свидетельствует о стремлении издания всесторонне освещать жизнь региона. Анализ материалов, опубликованных в №39 от 26 августа 2020 года, показывает, что в условиях

пандемии в газете освещались различные аспекты общественной жизни. В частности, в ней отмечается: «Начат новый этап подготовки квалифицированных кадров» [5, с. 1]. Данная цитата свидетельствует о том, что в региональной прессе уделяется особое внимание вопросам образования и развития человеческого капитала. В то же время этот процесс рассматривается как одно из ключевых направлений социальной политики, реализуемой в области.

На страницах газеты также широко освещаются экономические вопросы. Регулярно публикуются материалы, посвященные реализуемым в регионе инвестиционным проектам, деятельности промышленных предприятий, а также мерам по развитию предпринимательства. Это свидетельствует о важной роли издания в доведении до населения сущности экономических реформ.

Ещё одной важной особенностью газеты являются материалы духовно-просветительской направленности. На её страницах широко освещаются вопросы национальных ценностей, исторического наследия, культурных мероприятий и духовного воспитания. Анализ материалов данной газеты позволяет глубже понять этапы исторического развития социально-экономических процессов и процессов социального сотрудничества, происходивших в Навоийской области. Проведенный выше анализ показывает, что в годы независимости региональные печатные издания Навоийской области сформировались как важный информационный и исторический источник, отражающий процессы социально-экономического развития и социального сотрудничества.

В целом, региональные печатные издания Навоийской области выступают важным историческим источником в освещении социально-экономических процессов и отношений социального сотрудничества, позволяя осуществлять научный анализ основных этапов развития общества. В связи с этим изучение региональной прессы имеет важное научное значение не только для журналистики, но и с позиций истории, социологии и политологии.

Литература

1. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. – Тошкент, 2017.
2. Газета «Банк и жизнь». – 2023. – 24 мая. – № 21. – С. 1.

3. Газета «Горняк». – 2015. – 28 мая. – № 10 (556). – С. 3.
4. Газета «Бустон». – 2014. – 22 октября. – № 10 (252). – С. 2.
5. Газета «Знамя дружбы». – 2020. – 26 августа. – № 39 (4003). – С. 1.
6. Юсупова Ф.З., Эшонкулова Н.А. Философское осмысление конструктивной взаимосвязи нравственного идеала и нравственно-эстетической культуры молодежи // Актуальные исследования. – 2025. – №. 22 (257). – С. 80-82.
7. Эшонкулова Н.А., Юсупова Ф.З. Стремление к знаниям как залог достижения счастья // Вестник науки и образования. – 2019. – №. 13-1 (67). – С. 75-77.
8. Abdujabborovna E.N. Harmony between society and personality, and its influence on the phenomenon of happiness // International Journal on Integrated Education. – 2022. – Vol. 3. – No. 12. – P. 87-88.
9. Эшонкулова Н.А. Человеческое мышление: научно-технические открытия и социальные традиции // Актуальные исследования. – 2022. – №. 23 (102). – С. 27-29.
10. Эшонкулова Н.А., Юсупова Ф.З. Счастье как духовно-психологическое состояние личности // Лучший преподаватель 2019. – 2019. – С. 97-99.
11. Эшонкулова Н.А. Концепция человека и высшего блага в философии нового времени // Научные исследования. – 2018. – №. 3 (22). – С. 46-47.

ABDURAHMONOV Mirsaid Muzaffarovich

Doctoral Student, Navoi State University, Republic of Uzbekistan, Navoi

HISTORICAL COVERAGE OF SOCIO-ECONOMIC PROCESSES AND SOCIAL COOPERATION IN REGIONAL PRINT PUBLICATIONS (USING THE NAVOI REGION, REPUBLIC OF UZBEKISTAN AS A CASE STUDY)

Abstract. *This article analyzes the historical coverage of socio-economic processes and social cooperation in regional print media in the Navoi Region, Republic of Uzbekistan. The study demonstrates that the regional press not only informs but also shapes public opinion, raises public awareness, and promotes civic engagement.*

Keywords: *regional press, socio-economic processes, cooperation, media, civil society, public opinion.*

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, РЕЛИГИОВЕДЕНИЕ

САФАРОВ Толиб Тоджиевич

кандидат исторических наук, доцент кафедры социальных наук и физической культуры,
Бухарский государственный технический университет, Узбекистан, г. Бухара

СВЕДЕНИЯ О СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЯХ УЗБЕКОВ КУНГИРАТ

Аннотация. В статье рассматриваются кунгиратские узбеки и их родственные связи, проживавшие в северной горной части Сурхандарьинской области, Байсунского района и предгорьях, Шерабадского района.

Ключевые слова: кунгират, народ, род, старик, всадник, брат, отец, двоюродный брат, левират, сорорат.

The formation process of the Uzbek people has gone through a long historical path. Various clans, tribes and peoples lived in the territories of modern Uzbekistan in different periods of history.

In this article, we will try to provide some information about the Kungirots who lived in the northern mountainous part of the Surkhandarya region, Boysun district and foothills, and Sherabad district, as well as their family relationships. Kungirots are divided into 5 main large parts:

1. Attached.
2. Oktamgali.
3. Kanjigali.
4. Lunar.
5. Tortuvli.

In the legend of the origin of bells, it is recognized that the origin of all bells can be traced back to a common ancestor. Let's give a short excerpt from this legend. "When an old man was on his horse looking for his lost camels across the steppe, he encountered 40 horsemen [1]. The horsemen asked the old man if he had seen a bird that brings good luck and wealth. They told the old man that it was the "state bird" of their king, and before his death, the king made a will: "When I die, let my bird go, whoever it flies to, let that person be appointed king. Now our king has died, according to his will we released the "State Bird", so we are looking for him" [2, p. 370]. The old man says that he did not see this bird, but he saw a very happy gray

boy in the meadow below the hill. The riders asked the old man to show them the place - "our bird might be there". The old man agreed, and soon they came to the place where the young man was lying and saw a "state bird" with its wings spread above him, and in the shadow of the bird the young man was asleep. The riders woke the young man up, told him about the dead king's will and asked him to go with them to become king. The young man agreed and asked for a horse. One of the riders gave him his own horse. The young man sat on it, but the horse could not bear his weight and fell down. After trying all the best horses of the riders, the young man asked the old man to give him his horse, because he was sure that it was the old man's horse that could withstand his weight. In return, he promised to reward the old man for this service when he became king. The old man agreed, and the young man rode the old man's horse to the palace. The old man's horse was brown [3, p. 13-295]. After some time, the old man heard that this young man had been elected king. The old man set off to collect his reward. He was not allowed to meet the king. The old man approached the palace from the side and began to shout "the owner of the brown horse". The young king heard this and ordered to call the old man to him. The old man talked with the king and spent the night in the palace that day. In the morning, the king asked the old man to appoint a reward for him. The old man asked the king to give him the steppes for

settlement. The king granted her request and asked her what other wishes she had. The old man looked around and saw women. The king asked the young man to marry one of them. The king complied with this request. The old man returned home with his young wife on his horse. The old man had 4 sons, each of them had his own nickname. These nicknames are as follows: Koshtamgali, Oktamgali, Kanjigali, Oinli. The old man announced the king's reward to them. His sons began to abuse the old man for asking for a small gift. The old man got angry, divided his livestock and property between them, took his share and went with his young wife to another steppe, to the Baisun mountains. Since then, this old man and his sons began to be known as bells. In Boisun mountains, the old man had 6 sons from his new wife, whom people called Tortuvli from the word tartiq – gift [4, p. 487-516]. Thus, the legend explains all the names of the main divisions of the bell and links them to one parent. It is worth mentioning that it was Boysun who lived in Tortuvli subdivision.

The classification of names related to kinship between calls deserves special attention. The features of the kinship classification system are very clear here. A term, for example, brother or sister, is used not only for biological brothers and sisters, but also includes the whole family of close and distant relatives on the father's and mother's side. Obviously, these terms represent characteristics related to age rather than true kinship. The term brother or sister is usually used to refer to any man or woman, even strangers from completely different clans, father or grandfather is used to refer to any older man who looks older than the speaker, similarly, any older woman or old woman is mother or momo to a younger speaker [6, p. 51-109].

These examples can be supplemented by the older call to call any young man brother (a term used to denote a biological brother) and sister (a term used to denote a biological sister). We can further observe the age-related meaning of these terms. For example, son-in-law is represented by two different terms: yazna - for adults, and son-in-law – for younger people. Also, the term bride has two types: checha and bride. It is worth noting that when naming relatives in calls, in the kinship system, relatives are initially grouped by age. In the case of names belonging to paternal relatives, this assumption is confirmed in the following example. If a younger uncle is older than a nephew, the nephew calls him brother just like his biological brother, but if this uncle is younger than his

nephew, the nephew calls him brother like his biological brother. On the contrary, in the second case, the uncle calls his nephew a brother, like his biological brother. This example does not apply to the mother's brother, that is, the uncle, in which case, regardless of age, he remains the same uncle for the niece [7, p. 51-109]. The closest relatives of Kongrots are children born from the same father and mother (birth child). It should be noted that the children of "born children" can marry each other, so there is a custom of marriage between cousins, aunts, uncles, and cousins. Next in terms of kinship are "paternal" children, that is, children born from the same father but different mothers. On the next level in terms of closeness are "emikdosh", that is, children born from the same mother, but different fathers [8, p. 211]. Children of different fathers and mothers are also considered close relatives, such children are breastfed by the same woman and are called "breastfed relatives". There are also cases where a woman takes the baby of her dead friend and feeds it with her breast. This adopted child is a milk relative for his children. All of the above terms, except the last one, refer to true consanguinity and apply equally to men and women. In these categories of kinship, marriages between cousins, cousins, cousins, cousins are allowed and practiced [9, p. 338].

According to the bells, despite the fact that relatives on the father's side are closer than others, in life it turns out to be the opposite. They see this, for example, in the fact that paternal relatives live less often together or in close proximity to each other, help each other less in life's difficulties, and quarrel more often. Relatives on the mother's side are close-knit, mutually supportive and often live together. Maternal kinship has certain limits, after which kinship may disappear altogether. This is explained by the following example: the grandson of my aunt's children will be a "knife boy" to my grandchildren, and their children will be an "enemy child" to each other. It is known that among a number of Turkic nationalities, the mother's brother has a special place in relation to the children of the mother's sister. This is especially evident in providing material support to the nephew. Between the calls, the nephew treats his uncle with great respect, but does not receive from him the material support or the gifts that should be given. Such help is provided by their uncles, according to the residents of the village. However, there is a proverb in the bells, which indicates that the nephew has the right to the uncle's property to a certain extent. About the meaning of this proverb,

the bells give the following interpretation: "Even if I come to my uncle's house, open his chest and take a coat from inside, my uncle doesn't say a word, that's why there is such a saying among the people. When he said, others protested that it is possible to do this to his uncle, and he did not say anything."

Calls usually enter into endogamous marriages. This principle is sometimes violated in the subdivisions of the main divisions of calls. But, in general, a "call" man had to marry a "call" woman.

Marriage with mother's relatives is considered the most favorable. Children of brothers and sisters are married in the first generation. There is a double cousin (uncle, aunt, uncle) marriage in the clans. A sister's son is allowed to marry a brother's daughter, that is, a nephew's daughter. In this situation, it is not superfluous to emphasize that the nephew pays the uncle handsomely. A brother's son can also marry a sister's daughter. Stepmother and her children are forbidden to marry. The children of the stepson could marry the children of the stepmother. Among the Zharkurgan customs, it is considered permissible for a stepson to marry a stepmother's daughter from her first husband. Children born from the same father but different mothers cannot marry each other, but their children can marry each other.

It is not allowed to marry a man's two biological sisters or a wife and her nephew at the same time. Two birth sisters can marry two brothers at the same time, in which case the older brother marries the older sister. It should be noted that in the family, girls are transferred according to age, there are few exceptions in this regard. After the death of his wife, a widower marries his wife's sister "baldiz", but this is not obligatory. The parents of the deceased wife can object to such a marriage if they do not like the groom's moral and other qualities. A widower can also marry his wife's niece. It should be said here that a man who wants to start a family for the second time sometimes refuses to marry a close relative of his wife who is "unhealthy by nature" for fear that his wife will die for the second time. If a widower marries his deceased wife's sister or her close relative, he pays a much reduced, i.e. reduced, amount of khin.

If the bride dies after the bridegroom is paid, the groom demands that the next girl in the family be given to her. If the father does not agree, the bridegroom demands the return of the dyke and cites as proof of his right to return the dyke that he has not had sexual relations with her or, more interestingly, that he has no children with her. There

is also a custom of levirate in calls. A widow may contest this marriage and marry another. Often, misunderstandings arise on this basis, because the relatives of the deceased try to save his children and property. In such a conflict, the victory often rests with the husband's relatives, because this is helped by a custom that has not yet been destroyed. In the case of the groom's death, the bride is usually transferred to the deceased groom's brother, only in cases where the brother is married or does not want this marriage, the bride is transferred to the brother. Traditions such as sorority and levirate, which testify to the preservation of the foundations of the breeding system, are a vivid example of a woman's inability to independently decide on such an important event of life as marriage.

In conclusion, we can witness that the family-clan relations in the Uzbek kunghirot clan have been passed down from generation to generation, embodying the manifestations of clans in a certain interpretation.

References

1. Абуғозий Баҳодирхон. Шажарайи турк. Тошкент: Чўлпон, 1992. – Б. 176.
2. Аристов Н.А. Заметки об этническом составе тюркских племен и народностей и сведения об их численности // Живая старина. Вып. 3 и 4. 1896. С. 370.
3. Вамбери А. Очерки и картины восточных нравов. Спб. 1877. Тип. Товар. «Общ. Польза». Туркестанский Сборник. Т. 147. С. 13-295.
4. Хорошхин А.П. Народы Средней Азии. [Историко-этнографические этюды]. [Сборник его статей]. Туркестанский Сборник. Т. 116, С. 487-516. С.-Петербург. Типография и хромофотография А. Траншеля, стремянная, № 12.
5. Хорошхин А.П. Народы Средней Азии. [Историко-этнографические этюды]. [Сборник его статей]. Туркестанский Сборник Т. 95, С. 303-330. С.-Петербург. Типография и хромофотография А. Траншеля, стремянная, № 12.
6. Гребенкин А.Д. Узбеки. [«Русский Туркестан», вып. 2]. Туркестанский Сборник. Составляемый В.И. Межовым Т. 57. С.-Петербург. 1873. С. 51-109.
7. Загряжский Г. Юридический обычай Киргизов, о различных родах состояний и о правах им присвоенных. [«Материалы для стат. Туркестанск. края», вып. 4]. Туркестанский Сборник. Т. 122, С. 51-109.

8. Кармышева Б.Х. Очерки этнической истории южных районов Таджикистана и Узбекистана. М., 1976, С. 211.

9. Задыхина К.Л. Узбеки дельты Амударьи // Труды Хорезмской археологической этнографической экспедиции. М., 1952. Т. I. С. 338.

SAFAROV Tolib Todjievich

Candidate of Historical Sciences, Associate Professor of the Department of Social Sciences and Physical Education, Bukhara State Technical University, Uzbekistan, Bukhara

**INFORMATION ABOUT THE FAMILY-KINSHIP RELATIONS
OF KONHIROT UZBEKS**

Abstract. *This article examines the Kungrat Uzbeks and their kinship relations living in the northern mountainous part of the Surkhandarya region, including the Baysun district and the foothill areas of the Sherabad district.*

Keywords: *Kungrat, people, clan, elder, horseman, brother, father, cousin, levirate, sororate.*

ЩЕРБИНИН Антон Юрьевич

руководитель, Группа компаний ТПК Вартон, Россия, г. Новосибирск

ПРАВОСЛАВНЫЙ И КАТОЛИЧЕСКИЙ ХРАМ: ДВА ПУТИ ЛИТУРГИЧЕСКОГО ОЧИЩЕНИЯ (ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНО-БОГОСЛОВСКОГО АНАЛИЗА)

Аннотация. *Статья посвящена сравнительному анализу организации сакрального пространства и литургического опыта в православной и католической традициях. На основе богословских, искусствоведческих и феноменологических подходов рассматриваются два ключевых аспекта: архитектурно-световая среда храмов (онтология пространства) и соотношение вербального и визуального компонентов богослужения. Показано, что православный храм с его иерархической структурой, иконостасом и умным светом формирует аскетический модус переживания, ориентированный на «умное делание» и благоговейное преодоление дистанции между тварным и нетварным. Католический храм, напротив, тяготеет к открытости, светонасыщенности и визуальной нарративности, где искусство (вitraжи, скульптура) и центральное место проповеди выполняют дидактическую функцию, приглашая к рациональному и эмоциональному соучастию. Различия в литургической эстетике выводятся из фундаментальных богословских установок (апофатический подход в православии и катафатическая, юридически окрашенная традиция в католицизме), что позволяет представить типологию двух путей литургического очищения.*

Ключевые слова: литургическое пространство, сакральная архитектура, православный храм, католический храм, иконостас, иконография, vitраж, проповедь, аскеза, религиозный опыт.

Введение

В современном религиоведении все большее внимание уделяется не столько догматическим различиям между христианскими конфессиями, сколько особенностям религиозного опыта, формируемого литургическим пространством и практикой. Как справедливо отмечается в исследовательской литературе, «в православии красота всегда была главной формой религиозного выражения, в большей степени, чем вербальное изложение христианского учения, которое встроено в эстетический контекст литургии». Это наблюдение открывает возможность для глубокого анализа того, как архитектура, иконография и литургическая традиция формируют различные модели религиозного переживания.

Настоящее исследование исходит из личного феноменологического наблюдения: посещение католической церкви имени Святого Антония Падуанского в городе Стамбуле вызвало ощущение «приподнятого настроения», в то время как православное богослужение традиционно ассоциируется с переживанием «очищения через страдание». Цель данной работы – проанализировать эти интуитивные ощущения в контексте сравнительного богословия, выявить их догматические,

исторические и эстетические основания, а также представить развернутую типологию двух подходов к литургическому очищению.

Основная часть

1. Анализ: догматические основания восточной и западной традиций

1.1. Богословские предпосылки различий

Ключевое различие между православным и католическим восприятием спасения коренится в фундаментальных догматических расхождениях, среди которых центральное место занимает учение об исхождении Святого Духа (*Filioque* (с лат. «и от Сына» – термин, обозначающий добавление в христианский Никео-Царьградский Символ веры о том, что Святой Дух исходит не только от Отца, но и от Сына)). Как отмечает А. В. Коновалов в монографии «Запад и западное христианство на рубеже тысячелетий», «духом *Filioque* проникнуто все устройство католической Церкви; этот догмат стал своеобразным символом латинского богословия и западной церковной общины».

Это различие имеет не только догматическое, но и глубокое антропологическое измерение. По мысли исследователя, «использование *Filioque* отразило две характерные черты западного сознания: активное деятельное начало, для которого в конкретном контексте проце

помышлять в лице Христа так же конкретно деятельного Бога-Демиурга; и склонность к интеллектуальной иррациональной мистике, обретающей благодатную почву в помышлении абстрактной безличностной «пучины божества».

Православное богословие, напротив, сохраняет апофатический (от греч. ἀποφατικός – «отрицающий» – это метод познания, при котором о чём-либо (чаще всего о Боге) говорят через отрицание любых возможных определений, указывая на то, чем объект не является) подход, подчеркивающий непостижимость внутритроичных отношений. Как подчеркивается в труде прот. Митрофана Зноско-Боровского «Православие, Католичество, протестантизм и сектантство», православие исходит из принципа, что «способом существования является взаимодействие личных свойств и единство любви». Это создает принципиально иную антропологическую установку: человек призывается не столько к рациональному постижению Бога, сколько к личностному единению с Ним через аскетический подвиг.

1.2. Различия в сотериологии (учении о спасении)

Особое значение для нашего анализа имеет католическое учение о спасении, которое Д. П. Огицкий и свящ. Максим Козлов в труде «Православие и западное христианство» характеризуют как учение «об удовлетворении Богу за грехи». Эта концепция, получившая систематическое развитие в схоластике, предполагает, что грех оскорбляет Божественное величие и требует соразмерного удовлетворения. Христос приносит бесконечное удовлетворение, но верующий должен «приобщиться» к этому удовлетворению через определенные деяния, что создает психологическую установку на «заслугу» и «воздаяние».

Православное понимание спасения, как показано в том же источнике, принципиально иное: оно акцентирует не юридическую категорию «удовлетворения», а онтологическое преобразование человеческой природы через обожение (теозис (греч. θέωσις – «обожение» – это центральное понятие в православном богословии, означающее реальное соединение человека с Богом и его преобразование через божественные энергии)). Это формирует иной тип религиозного переживания – не стремление к «умилостивлению» Бога, но мучительное, но радостное восхождение к единению с Ним, которое всегда сопряжено с подвигом, аскезой,

«страданием» в этимологическом смысле этого слова.

Сравнительный анализ и обоснование новизны

2. Сравнительный анализ литургического пространства и опыта

2.1. Архитектура и свет: онтология пространства

Различия в богословии находят свое зримое выражение в организации храмового пространства. Как отмечается в сборнике «Иконы и Литургия, Восток и Запад» под редакцией Николая Денисенко, «история, богословие, экклезиология (от греч. ἐκκλησία – «церковь» и λόγος – «учение» – это раздел богословия, который изучает природу, устройство и миссию Церкви) и герменевтика (от греч. ἐρμηνεύω – «разъясняю, истолковываю» – это теория и практика истолкования текстов, прежде всего древних, многозначных или священных) иконологии, сакрального искусства и сакрального пространства в православной и католической традициях» обнаруживают устойчивые типологические различия.

Православный храм (особенно византийской традиции) организован по принципу иерархического пространства. Иконостас – не просто алтарная преграда, но визуальная манифестация небесной иерархии. Полумрак, в котором пребывает храм, создает ощущение глубины, тайны, сокровенности. Свет – всегда «умный свет», проникающий из купола (образа неба) и икон, которые пишутся не как иллюстрации, а как «окна в горний мир». Это пространство призвано вызывать благоговейный трепет и напоминать о дистанции между тварным и нетварным.

Католический храм (особенно готический) стремится к иной эстетике. В западной традиции, как указывает В. С. Глазoleв в исследовании типологических особенностей религиозно-эстетической среды христианства, наблюдается тенденция к «визуализации» сакрального, к использованию искусства как дидактического средства. Готический собор устремлен ввысь, его стены пронизаны витражами, превращающими свет в цветное повествование. Пространство не столько «собирает» в тайну, сколько «разворачивает» библейскую историю перед взором молящегося, приглашая к интеллектуальному и эмоциональному участию.

2.2. Слово и образ: дидактика против аскезы

Ключевое различие лежит в понимании роли слова (проповеди) и образа (иконы/статуи) в литургическом опыте.

В православии, как убедительно показано в исследовании Ольги Табачниковой, красота выступает главной формой религиозного выражения, «в большей степени, чем вербальное изложение христианского учения». Проповедь, хотя и присутствует в литургии, занимает подчиненное место по отношению к таинству и иконографическому созерцанию. Молитва – это не столько слушание, сколько делание: стояние перед иконой, вычитывание правила, преодоление рассеянности. Очищение здесь происходит через напряжение – интеллектуальное, волевое, телесное.

В католицизме, особенно после Реформации и II Ватиканского собора, проповедь (гомия) становится центром богослужения. Как отмечается в сравнительно-богословских трудах, католическая традиция делает акцент на рациональном постижении веры. Скульптура, витраж, фреска в католическом храме выполняют функцию «Библии для неграмотных», но делают это через конкретику, эмоциональную выразительность, порой натурализм. Это обращено к чувствам и разуму, приглашая к сопереживанию, а не к аскетическому «умному деланию»

3. Выводы

Проведенное исследование подтверждает интуитивное наблюдение автора о двух различных путях литургического очищения:

1. Православный путь очищения может быть охарактеризован как аскетико – иерархический. Он коренится в восточной патристической традиции, подчеркивающей непостижимость Бога и необходимость преображения человеческой природы через длительный подвиг. Храмовое пространство, иконография и структура богослужения работают на создание «благодатного напряжения», при котором очищение переживается как преодоление дистанции между грешным человеком и святым Богом. Результат – глубокая, но «светлая печаль», катарсис.

2. Католический путь очищения может быть определен как дидактико-юридический. Сформированный под влиянием римского правового мышления и схоластики, он делает акцент на удовлетворении Божественному правосудию и рациональном постижении истин

веры. Архитектура и искусство католического храма призваны сделать сакральное доступным, наглядным, эмоционально вовлекающим. Проповедь разъясняет, снимает тревогу неопределенности, приглашая к соучастию. Результат – «приподнятое настроение», радость от ясности и прощения.

3. Эти два пути не следует оценивать в категориях «лучше» или «хуже». Они представляют собой два различных типа религиозной чувствительности, сформированных различными историческими, культурными и богословскими контекстами. Как отмечает В. С. Глазoleв, наблюдается «конгруэнтность религиозных и эстетических процессов» в различных конфессиях, что ставит под сомнение идею абсолютной уникальности религиозно-эстетического опыта.

Заключение

Феноменологический опыт, послуживший отправной точкой данного исследования, получает убедительное богословское и культурно-историческое обоснование. Ощущение «очищения через страдание» в православном храме и «очищения через проповедь» в католическом отражает глубинные различия в понимании отношений между Богом и человеком, между словом и образом, между аскезой и эстетикой.

Православие, сохраняя святоотеческое наследие, делает акцент на пути восхождения, который неизбежно сопряжен с «теснотой» и «скорбью» (в евангельском смысле). Католичество, развивая схоластическую традицию и адаптируясь к западному менталитету, предлагает путь ясности и соучастия, где очищение переживается как просветление.

Оба пути, при всех их различиях, остаются путями к единому Богу, но языки, на которых они говорят с верующим, различны. Осознание этой типологии позволяет не только глубже понять собственную традицию, но и с уважением относиться к иному способу религиозного переживания, увидев в нем не «искажение», но иную форму ответа человека на Божественный призыв.

Литература

1. Коновалов А.В. Запад и западное христианство на рубеже тысячелетий. – 2011.
2. Глазoleв В.С. Типологические особенности религиозно-эстетической среды христианства в XX – начале XXI века // Труды XXII

Всемирного конгресса философии. – 2008. – Т. 36. – С. 41-48.

3. Зноско-Боровский М.К. Православие, Римо-католичество, протестантизм и сектантство (Лекции по сравнительному богословию). – Джорданвилл: Монастырь Святой Троицы, 1972.

4. Денисенко Н.Е. (ред.). Иконы и литургия, Восток и Запад: история, богословие и

культура. – Нотр-Дам: Издательство Университета Нотр-Дам, 2017.

5. Огицкий Д.П., Козлов М., свящ. Православие и западное христианство. [Электронный ресурс] // Азбука веры.

6. Табачникова О. Об обращении к эстетике в поиске Бога Льва Шестова // Эстетика как религиозный фактор в восточном и западном христианстве. – Левен: Peeters Publishers, 2005. – С. 179-195.

SHCHERBININ Anton Yurievich

Director, TPK Warton Group of Companies, Russia, Novosibirsk

ORTHODOX AND CATHOLIC CHURCH: TWO PATHS OF LITURGICAL PURIFICATION (AN EXPERIENCE OF COMPARATIVE-THEOLOGICAL ANALYSIS)

Abstract. *The article is devoted to a comparative analysis of the organization of sacred space and liturgical experience in the Orthodox and Catholic traditions. Based on theological, art-historical, and phenomenological approaches, two key aspects are considered: the architectural-light environment of churches (ontology of space) and the relationship between the verbal and visual components of worship. It is shown that the Orthodox church, with its hierarchical structure, iconostasis, and intelligent lighting, forms an ascetic mode of experience oriented towards 'intellectual activity' and the reverent overcoming of the distance between the created and the uncreated. The Catholic church, on the other hand, tends toward openness, light saturation, and visual narrativity, where art (stained glass, sculpture) and the central place of the sermon perform a didactic function, inviting rational and emotional participation. The differences in liturgical aesthetics are derived from fundamental theological positions (the apophatic approach in Orthodoxy and the cataphatic, a legally colored tradition in Catholicism), which allows for presenting a typology of two paths of liturgical purification.*

Keywords: *liturgical space, sacred architecture, Orthodox church, Catholic church, iconostasis, iconography, stained glass, sermon, asceticism, religious experience.*

КУЛЬТУРОЛОГИЯ, ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ, ДИЗАЙН

КАРПОВА Елена Константиновна

кандидат искусствоведения, профессор,

Уфимский государственный институт искусств имени Загира Исмагилова, Россия, г. Уфа

ФОРТЕПИАННАЯ ПРЕЛЮДИЯ МЕССИАНА «ГОЛУБЬ» КАК ВАЖНЫЙ ШАГ К ВОПЛОЩЕНИЮ ОБРАЗА ПТИЦ

Аннотация. В статье рассматривается прелюдия «Голубь» из цикла Оливье Мессиана «Восемь прелюдий для фортепиано» (1929). Цель статьи – показать роль этого сочинения в эволюции композитора. Автор приходит к выводу, что пьеса является важнейшей страницей творчества Мессиана, точкой отсчёта его религиозно-символической образности, ассоциируемой с птицами. Кроме того, яркие воплощение здесь находят некоторые приёмы музыкального языка, утвердившиеся впоследствии.

Ключевые слова: Оливье Мессиян, фортепианная прелюдия, музыка XX века, французская музыка, пение птиц в музыке.

Введение

Есть в XX веке композиторы, творчество которых невозможно отнести к тому или иному направлению в связи с тем, что взгляды на музыкальное искусство, музыкальный язык у них отличаются особенной оригинальностью, неповторимостью. Их идеи, приёмы невозможно перенять без жалкого подражательства. К таким выдающимся явлениям относится творчество французского композитора Оливье Мессиана (1908–1992). Самое, на первый взгляд, необычное в его музыке – это использование мелодий подлинных песен птиц, голоса которых композитор слушал и фиксировал на нотном стане на разных континентах, в разных уголках мира с юных лет. В зрелые годы он пришёл к сочинениям, сплошь «сплетённым» из птичьих напевов.

И до Мессиана музыканты во все времена прислушивались к пению пернатых, подражали им в своих произведениях. Среди них есть и более известные, такие, как романс Александра Алябьева «Соловей», «Песня жаворонка» из цикла «Времена года» Петра Чайковского, пьеса «Кукушка» Луи Клода Дакена, некоторые сцены из оперы «Снегурочка» Николая Римского-Корсакова, – а также и менее

известные, как вокальный цикл Мориса Равеля «Естественные истории» или балет «Птицы» Отторино Респиги. Однако такого пристального внимания птицам, как Мессиян, не уделял никто, в своих произведениях он использовал около четырёх сотен их напевов. Композитор сказал так: «...птицы – величайшие музыканты, существующие на нашей планете... Я первый записал пение птиц научно и, надеюсь, точно... я нашёл себе учителей, средство работать и двигаться вперёд...» [6].

Безусловно, новаторство Мессиана не сводится к включению в музыку пения птиц. Композитора отличала исключительная религиозность, он и к голосам птиц обратился, поскольку был уверен, что сам Господь Бог говорит через них. Музыка, по его убеждению, может быть посвящена только Богу, должна рассказывать только о Нём, о Его всемогуществе, о любви к Нему и всему, что Им создано. Мессиян стремился к такому музыкальному языку, который бы отличался от обычного – и от народного, и от музыки быта, и от известного языка классики. К Богу композитор обращался особым языком – загадочным, полным тайных знаков и намёков. Это был сотворённый им язык – уникальная система ладов, аккордов,

ритмическая организация. Законы собственной музыки композитор раскрыл в труде «Техника моего музыкального языка» (1944), а ритму посвятил отдельный трактат (1948–1992) [4, 7].

Выделенные исследователями три этапа творчества Мессиана – религиозный, экзотический, пантеистический [1] – обозначают наиболее важные тенденции его композиторского пути, не имея чётких временных границ. Словно зёрна, сформировавшиеся на раннем этапе, основные идеи прорастают сквозь многие годы. Хотя пение птиц заполняет звуковое пространство преимущественно в пантеистический период (1950-е годы), обращением к нему считается уже «Квартет на конец времени» (1941), где композитор воспроизводит рулады дрозда и соловья. Однако было бы справедливо точкой отсчёта считать прелюдию «Голубь» из цикла «Восемь прелюдий для фортепиано» (1929) – одного из первых изданных произведений, где сделан важный шаг к воплощению образов птиц.

Прелюдия «Голубь»

Пьеса «Голубь / La colombe» открывает цикл «Восемь прелюдий», вслед за ней следуют: «Восторженная песнь среди грустного пейзажа / Chant d'extase dans un paysage triste» (2), «Число света / Le nombre léger» (3), «Потерянные мгновения / Instants défunts» (4), «Бесплотные звуки мечты / Les sons impalpables du rêve» (5), «Колокола печали и слёзы прощания / Cloches d'angoisse et larmes d'adieu» (6), «Спокойная жалоба / Plainte calme» (7), «Отблеск ветра / Un reflet dans le vent» (8). В. Екимовский называет цикл «импрессионистским отступлением», созданным под влиянием К. Дебюсси [1, с. 20]. Тем не менее он отмечает, что Прелюдии занимают почётное место в творческом наследии Мессиана, поскольку в них зарождается система музыкального языка – полиладовые образования, взаимозависимость звука и цвета, необратимые ритмы, новая аккордика и т. д. Автор исследования как примеры выделяет прелюдии 2, 4, 5, 6, оставляя, увы, без внимания первую. Кроме того, он пишет, что Мессиаан «не привлёк к данному сочинению [циклу Прелюдий. – Е.К.] религиозной тематики», замечая, что религиозно-мистическая тематика «намечена» лишь в прелюдиях 2 и 5. С данной оценкой можно не согласиться. На наш взгляд, именно первая прелюдия выделяется как

особая страница творчества и с точки зрения тематики, и в отношении предвосхищения музыкального языка. Охарактеризуем её.

По форме пьеса складывается из двух строф (А А₁), в которых первые 8 тактов полностью совпадают, а после них сначала следует небольшая связка (А = 8+2), а затем кода (А₁ = 8+5). Возникает образ парящей птицы, словно очерчивающей круг и потом исчезающей в вышине. Здесь нет подлинного птичьего пения, но наблюдается особый стиль, который складывается под влиянием голосов птиц (Мессиаан обозначил его как «птичий стиль» [4]) Прислушиваясь к ним, композитор обретает необыкновенную свободу письма – чередуются краткие мотивы, различные по мелодике, ритму, фактуре, динамике, пластичные и выразительные. Начальные такты Мессиаан выписывает на трёх строчках, стремясь мотивы выделить фактурно. Их можно обозначить следующим образом: мотив «парения» (верхний пласт), «зова» (средний), «воркования» (нижний), вслед за которыми возникает мотив «взмаха крыла» (в тактах 6–9).

Для религиозного автора голубь – особенная птица. В христианской религии она символизирует Дух Святой, то есть, является одним из воплощений самого Бога. На иконах нередко изображается голубь, парящий в вышине, распространяющий сияющие лучи света. В прелюдии верхний пласт, «мотив парения» образуют переливающийся яркими красками, «скользящие» параллельные аккорды в верхнем регистре. Они словно сияющим нимбом обрамляют прелюдию. Идея света для Мессиаана станет центральной, имея как эстетическое, так и метафизическое (религиозно-мистическое) значение. Свет у Мессиаана – это Божественное присутствие [2, с. 4–25]. Символично окончание единственной оперы Мессиаана «Святой Франциск Ассизский», написанной по его собственному либретто. Завершает её «ослепительное сияние вечности» как результат восхождения человеческой души к Богу из мира, видимого в мир небесный. В заключении оперы звучит Домажорное трезвучие и на сцене включается яркий белый свет. Композитор даёт ремарку: «Этот свет должен непрерывно усиливаться до конца действия... становясь ярким и ослепительным» [3, с. 24]. В постановке, состоявшейся осенью 2003 года в Германии на Рурской Триеннале (музыкальный руководитель и дирижёр

Сильван Камбрелинг, режиссёр Джузеппе Фри-жени, оркестры Фрайбурга и Баден-Бадена, хоры радио WDR и радио Дании), «Франциск выпускает на свободу белых воркующих голубей, символ святого духа и распространения учения» [5].

Обратим внимание на то, то прелюдия «Голубь» оканчивается пятизвучным мотивом «взмаха крыла», который дублируется в малую секунду в четвёртой октаве. Казалось бы, должна появиться резкая фальшь, но этого не происходит. В верхних звуках клавиатуры теряется определённая высота, они звенят и секундовое столкновение только усиливает яркость. Звуки начинают сиять, словно солнечный луч.

Общая тональность пьесы – Ми-мажор. Диезные тональности с большим количеством знаков особенно любимы Мессианом: по его мнению, они выражают «небесную устремлённость». Специфический, загадочный колорит связан с и мессиановскими ладами. В прелюдии звукоряд почти совпадает со вторым ладом ограниченной транспозиции (полутон – тон). Хотя во время написания цикла система Мессиа-на ещё не сложилась, но путь к ней уже наметился. Тональности, лады Мессиа-на воспринимал в цвете. Именно второй лад связывается композитором с оттенками синего и пурпурно-фиолетового – это цвета неба, восхода и заката. Для прелюдии «Голубь» сам композитор отметил «оранжевый с фиолетовыми оттенками» [8], причём той же характеристикой наделил и третью прелюдию «Число света».

Выводы

Знаменательно, что первая птица Мессиа-на в бесконечном ряду пернатых, представленных в его творчестве, – это голубь. Олицетворяющий мир, надежду, любовь, чистоту со времен античности и Ветхого Завета, он стал образом Святого Духа в христианстве. Изучение прелюдии мессиановского фортепианного цикла показывает, что она является важнейшей страницей творчества композитора, точкой отсчёта его религиозно-символической образности, ассоциируемой с птицами, а именно, – с Божественным присутствием. Кроме того, в

медитативно-созерцательной пьесе яркое воплощение находят некоторые приёмы музыкального языка, утвердившиеся впоследствии в его творчестве: имитация голосов птиц, лады ограниченной транспозиции, цветосветовые ассоциации, тяга к многодизонной мажорной тональности, аккордам-гроздьям, мозаичной фактуре и т. д. От этой прелюдии протягивается нить к единственной опере Мессиа-на, вершинному произведению, раскрывающему устремлённость человека к Свету, противостоящему тьме.

Литература

1. Екимовский В.А. Оливье Мессиа-на: Жизнь и творчество. М.: Советский композитор, 1987. 289 с.
2. Зенкин К.В. Слово о музыкальном мире Мессиа-на как знак «Божественного присутствия» // Век Мессиа-на / редакторы-составители К.В. Зенкин, Т.С. Кюреген. М., 2011. С. 4-25.
3. Кулыгина Н.А. Звук-цвет и «ослепляющее восхищение»: символика цвета и света в опере О.Мессиа-на «Святой Франциск Ассизский» // MusIcus. 2009. № 1. С. 19-25.
4. Мессиа-н О. Техника моего музыкального языка / перевод М. Чебуркиной. М.: Греко-латинский кабинет, 1994. 127 с.
5. Ратобильская Т. Франциск Ассизский – христианский Орфей? // Петербургский театральный журнал. 2003. № 4 (34). URL: <https://ptj.spb.ru/archive/34/historical-novel-34/francisk-assizskij-%E2%80%93-xristianskij-orfej/> (дата обращения: 05.04.2026).
6. Самюэль К. Беседы с О. Мессиа-ном. URL: <https://notkinastya.ru/klod-s-besedy-s-olive-messianom-1968> (дата обращения 05.04.2026).
7. Цареградская Т.В. Время и ритм в творчестве Оливье Мессиа-на. М.: Классика-XXI, 2002. 365 с.
8. Preludes (Messiaen) // Wikipedia. URL: [https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.b8e46221-664c2ba7-9b816e69-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Preludes_\(Messiaen\)](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.b8e46221-664c2ba7-9b816e69-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Preludes_(Messiaen)) (дата обращения 05.04.2026).

KARPOVA Elena Konstantinovna

Candidate of Art History, Professor,
Ufa State Institute of Arts named after Zagir Ismagilov, Russia, Ufa

MESSIAEN'S PIANO PRELUDE "THE DOVE" AS AN IMPORTANT STEP TOWARD EMBODYING THE IMAGE OF BIRDS

Abstract. *This article examines the prelude "The Dove" from Olivier Messiaen's cycle "Eight Preludes for Piano" (1929). The article aims to demonstrate the role of this work in the composer's evolution. The author concludes that the piece is a crucial chapter in Messiaen's oeuvre, the starting point for his religious and symbolic imagery associated with birds. Furthermore, it vividly embodies certain musical language techniques that later became established.*

Keywords: *Olivier Messiaen, piano prelude, 20th-century music, French music, birdsong in music.*

ФИЛОСОФИЯ

ЧАЙКОВСКИЙ Аркадий Иванович

учитель, Шлиссельбургская средняя школа № 1, Россия, г. Шлиссельбург

VTN-14. ТЕМПОРАЛЬНАЯ ПРИЧИННОСТЬ

Аннотация. В работе формулируется концепция структурной причинности, основанная на свойствах темпоральной метрики и асинхронной динамике локальных критических переходов. Показано, что причинность в системе с необратимой темпоральной динамикой не может быть сведена к линейной или полнотью детерминированной последовательности событий: локальные элементы области T обладают собственными темпоральными ритмами, достигают порогов $\Delta T_{critical}(local)$ в разное время и формируют нелинейные кластеры переходов.

Вводится темпоральный принцип неопределённости, не связанный с принципом неопределённости Гейзенберга, согласно которому неопределённость эволюции является не следствием неполноты информации наблюдателя, а фундаментальным свойством темпоральной структуры уровня. На этой основе формируется модель структурной причинности, в которой локальные, кластерные и глобальные пороги определяют переход $T \rightarrow T_{after}$, а темпоральная карта возможных будущих состояний описывает множество допустимых эволюционных траекторий.

Рассматриваются следствия этого принципа, включая необратимость переходов, ограниченность детерминированного описания, древовидную структуру эволюции, устойчивость к локальным сбоям и автономную автономию уровней реальности. Показано, что космологические процессы ранних эпох, нарушения симметрий и формирование крупномасштабных структур могут быть естественно интерпретированы через пороговые и перколяционные механизмы.

Структурная причинность представлена как фундаментальный механизм эволюции уровней реальности, объединяющий необратимость темпоральных переходов, структурную неопределённость и многовариантность эволюции в единую теоретическую рамку, основанную на свойствах темпоральной метрики.

Ключевые слова: структурная причинность, темпоральная метрика, локальные критические переходы, $\Delta T_{critical}(local)$, асинхронность темпоральных ритмов, пороговые механизмы, перколяция, разрушение симметрии, темпоральный принцип неопределённости, темпоральная карта будущих состояний, древовидность эволюции, необратимость, множественность траекторий, автономность уровней, космологические переходы.

1. Введение

Проблема причинности традиционно рассматривается в рамках двух основных подходов: классического детерминизма, основанного на линейной последовательности событий, и вероятностных моделей, допускающих множество исходов при фиксированных условиях. Оба подхода предполагают существование однородного времени, единой последовательности переходов и глобальной согласованности процессов, происходящих в пределах рассматриваемой системы.

Однако исследования серии VTN, посвящённые архитектуре времени и темпоральной

метрике уровней реальности, показывают, что такие представления о причинности оказываются недостаточными для описания эволюции темпоральных областей T . В работе VTN-13 была введена концепция темпоральной метрики, описывающей структурную организацию времени и определяющей динамику переходов между состояниями уровня. В рамках этой метрики эволюция уровня оказывается результатом множества локальных процессов, происходящих в различных темпоральных ритмах и достигающих собственных критических порогов в разное время.

Эволюция уровней реальности включает множество локальных процессов, происходящих асинхронно и взаимодействующих нелинейным образом. Локальные элементы области T достигают своих критических порогов $\Delta T_{critical}(local)$ в разное время, формируя кластеры переходов и инициируя последовательность структурных преобразований. В таких условиях классические модели причинности оказываются либо чрезмерно жёсткими, либо недостаточно структурными для описания переходов $T \rightarrow T_{after}$.

В рамках настоящей работы пространство и время рассматриваются как взаимосвязанные аспекты единой структурной организации уровня, при этом темпоральная метрика описывает динамический аспект этой организации. Настоящая работа направлена на формулировку принципа структурной причинности – механизма, описывающего, каким образом локальные критические переходы, обладающие асинхронностью и внутренней неопределённостью, объединяются в кластеры и приводят к глобальным изменениям уровня.

В центре внимания находятся темпоральная метрика области T , распределение локальных порогов $\Delta T_{critical}(local)$, асинхронность локальных темпоральных ритмов, пороговые механизмы и перколяционная природа разрушения симметрий. В этих условиях причинность приобретает структурный характер: результат эволюции определяется не единственной последовательностью событий, а архитектурой возможных переходов, допускаемых темпоральной метрикой уровня.

В статье вводится темпоральный принцип неопределённости, показывающий, что неопределённость эволюции является фундаментальным свойством темпоральной структуры уровня, а не следствием неполноты знаний наблюдателя. Затем определяются ключевые элементы структурной причинности, включая локальную, кластерную и глобальную причинность, а также механизм перехода уровня через последовательность порогов.

На этой основе формируется концепция темпоральной карты возможных будущих состояний – структурного пространства допустимых эволюционных траекторий уровня. Архитектура этого пространства определяет возможные формы перехода $T \rightarrow T_{after}$ и степень вариативности дальнейшей эволюции. В последующих работах эта характеристика будет

связана с понятием темпоральной сложности уровня.

В настоящей работе необратимость времени рассматривается как структурное свойство темпоральных переходов, возникающее из асинхронной динамики локальных процессов, а не как проявление внешней «стрелы времени» или привилегированного направления эволюции.

В заключительной части работы обсуждаются космологические следствия структурной причинности и ограничения применимости предложенной модели. Представленная концепция формирует теоретическую рамку, объединяющую необратимость темпоральных переходов, структурную неопределённость и множественность эволюционных траекторий в единую систему, основанную на свойствах темпоральной метрики.

2. Темпоральный принцип неопределённости

Темпоральная эволюция любой области T не может быть полностью предсказана или однозначно задана заранее. Это свойство не является лишь следствием недостатка информации или ограниченности наблюдателя: оно связано с фундаментальными свойствами темпоральной структуры уровня.

Неопределённость эволюции возникает как результат действия двух независимых механизмов, проявляющихся на различных масштабах темпоральной динамики.

2.1. Формулировка принципа

Темпоральный принцип неопределённости утверждает, что будущее состояние любой темпоральной области T не может быть однозначно задано заранее, поскольку неопределённость эволюции является внутренним свойством темпоральной метрики и формируется как совокупность двух источников:

1. Микроскопической неопределённости, возникающей из несовместимости фундаментальных наблюдаемых величин и дискретной природы переходов между квантовыми состояниями;
2. Структурной неопределённости, возникающей из асинхронности, нелинейности и несогласованности локальных критических переходов внутри области T .

Необратимость темпоральных переходов задаёт асимметрию эволюции, но не определяет конкретную траекторию развития.

Эволюция уровней реальности всегда является структурно ограниченной, но не полностью детерминированной.

2.2. Микроскопическая (квантовая) неопределённость

На фундаментальном уровне неопределённость связана с несовместимостью пар наблюдаемых, невозможностью одновременного точного определения всех переменных и дискретностью квантовых переходов.

Эта неопределённость:

- является фундаментальной характеристикой квантовых систем;
- отражает симметрии и ограничения фундаментальных уровней;
- исключает возможность полного микродетерминированного описания состояний;
- задаёт нижнюю границу точности любых физических измерений.

Однако данная форма неопределённости сама по себе не объясняет динамику более высоких уровней организации. Квантовая неопределённость формирует фундаментальную основу неопределённости, но не исчерпывает её.

2.3. Макроскопическая (темпорально-структурная) неопределённость

Темпоральная метрика любой области T состоит из множества локальных элементов, каждый из которых характеризуется собственным порогом критического перехода $\Delta T_{critical}(local)$.

Достижение этих порогов происходит:

- асинхронно;
- под воздействием локальных процессов;
- в условиях нелинейной связности элементов;
- в системе, допускающей множество возможных путей активации переходов.

В результате становится принципиально невозможно заранее определить:

- какие локальные переходы будут активированы;
- в каком порядке они произойдут;
- сформируют ли они кластер, достаточный для глобального перехода уровня.

Таким образом, неопределённость макроскопической эволюции является не случайным эффектом, а следствием структурной несогласованности локальных темпоральных триггеров.

2.4. Совместное действие двух форм неопределённости

Поскольку микроскопическая и макроскопическая неопределённости независимы, но действуют одновременно, эволюция уровней реальности подчиняется следующему универсальному принципу:

необратимость переходов определяется темпоральной метрикой, а конкретная траектория эволюции формируется множеством локальных процессов и не может быть полностью предопределена.

Тем самым:

- причинные связи существуют;
- структура возможных переходов определена;
- область допустимых будущих состояний ограничена;
- однако конкретная последовательность событий не задана заранее.

2.5. Ограниченность детерминизма

Из темпорального принципа неопределённости следует ограниченность детерминированного описания эволюции. Это связано не только с:

- неполнотой информации наблюдателя;
- высокой сложностью системы;
- возможным хаотическим характером процессов.

Причина заключается в том, что сама темпоральная метрика включает асинхронность локальных критических переходов и фундаментальные ограничения квантовых состояний.

Эволюция уровней возможна именно потому, что она не является полностью предопределённой: необратимость обеспечивает асимметрию переходов, а неопределённость – вариативность возможных эволюционных траекторий.

2.6. Следствие: структурная причинность

Причинность в условиях необратимой темпоральной динамики приобретает структурный характер.

Архитектура возможных переходов задаётся темпоральной метрикой уровня, однако конкретная траектория эволюции формируется через совокупность локальных процессов и не может быть полностью предсказана заранее.

Именно это свойство лежит в основе концепции структурной причинности, которая рассматривается далее.

3. Основные определения

В данном разделе вводятся фундаментальные понятия, необходимые для строгой формулировки причинности в рамках темпоральной метрики.

Определения согласованы с архитектурой уровней реальности, описанной в предыдущих работах серии VTN, и адаптированы к задаче анализа структурной неопределённости и локальных критических переходов.

3.1. Темпоральная область T

Темпоральной областью называется устойчивый фрагмент эволюции реальности, обладающий собственной симметрией G, набором инвариантов, аттракторной структурой и границей устойчивости, определяемой критическим скачком $\Delta T_{critical}$.

Область T сохраняет свою идентичность до тех пор, пока её аттракторная и симметричная архитектура остаётся устойчивой при темпоральных приращениях, не достигающих критического порога.

3.2. Локальный элемент темпоральной области

Темпоральная область состоит из множества локальных элементов (условно называемых «ячейками мозаики»), каждый из которых:

- характеризуется собственным локальным порогом $\Delta T_{critical}(local)$;
- способен переходить в новое состояние относительно независимо от других элементов;
- взаимодействует с соседними элементами через структуру симметрии G;
- вносит вклад в поддержание или разрушение аттракторной структуры области.

Локальные элементы рассматриваются как базовые единицы причинной динамики в рамках предлагаемого подхода.

3.3. Локальный критический переход

Локальным критическим переходом называется достижение ячейкой мозаики собственного порога $\Delta T_{critical}(local)$, в результате чего её состояние перестаёт принадлежать прежней области T и переходит в состояние нового локального подуровня $T_{after}(local)$, включённого в последующую архитектуру уровня. Локальный переход:

- асинхронен;
- нелинеен;
- не требует полной согласованности с остальными элементами;

- инициирует частичное разрушение симметрии G.

3.4. Перколяционная связность

Перколяционной связностью называется способность локальных критических переходов объединяться в связные кластеры, которые:

- усиливают друг друга;
- изменяют локальную симметрию на участке области;
- могут распространяться на более крупные фрагменты T;
- создают условия для возможного глобального перехода уровня.

Перколяция рассматривается как один из механизмов формирования структурной причинности на макроскопическом уровне.

3.5. Кластер критических переходов

Кластером называется связная совокупность локальных элементов, каждая из которых либо:

- уже совершила критический переход;
- находится в состоянии ранней асимметрии;
- испытывает влияние соседних перешедших элементов.

Кластер является промежуточной структурой, связывающей локальную причинность с возможным глобальным переходом уровня.

3.6. Глобальный переход уровня

Глобальным переходом называется переход всей области T в состояние T_{after} (с новой симметрией G'), возникающий тогда, когда:

- кластер критических переходов достигает перколяционного порога;
- прежняя симметрия G теряет устойчивость;
- аттракторная структура области перестраивается.

Такой переход можно рассматривать как аналог $\Delta T_{critical}(global)$, введённого ранее, однако здесь он интерпретируется как результат совокупности множества локальных переходов.

3.7. Темпоральная неопределённость

Темпоральной неопределённостью называется принципиальная невозможность заранее определить:

- порядок локальных переходов;
- время их активации;
- структуру возникающих кластеров;
- конкретную форму будущего уровня T_{after} .

Эта неопределённость возникает из двух основных источников:

1. Несовместимости фундаментальных наблюдаемых величин на квантовом уровне (квантовая неопределённость);
2. Асинхронности локальных переходов и нелинейности перколяционных процессов (структурная неопределённость).

3.8. Структурная причинность

Структурной причинностью называется форма причинно-следственной связи, при которой:

- причина проявляется как локальный критический переход;
- следствие выражается в расширении или усилении кластера переходов;
- глобальный эффект возникает при достижении перколяционного порога области.

Структурная причинность:

- не задаёт единственной траектории эволюции;
- ограничивает возможные формы переходов;
- совместима с фундаментальной неопределённостью;
- допускает нелинейные и кластерные эффекты.

3.9. Темпоральная метрика как источник неопределённости

Темпоральная метрика определяет:

- нелинейность локальных порогов;
- асинхронность переходов;
- невозможность полной глобальной синхронизации;
- разрушение симметрий в различные моменты времени в различных частях области.

Поэтому неопределённость не является ошибкой описания или внешним шумом, а представляет собой структурное свойство архитектуры области T .

3.10. Архитектура возможных будущих состояний

Архитектурой возможных будущих состояний называется множество всех допустимых траекторий эволюции области T , ограниченное:

- структурой симметрии G ;
- локальными порогами $\Delta T_{critical}(local)$;
- возможными перколяционными процессами;
- свойствами темпоральной метрики.

Будущее ограничено архитектурой допустимых переходов, но не фиксировано заранее.

4. Формулировка структурной причинности

Структурная причинность описывает механизм возникновения причинно-следственных связей в темпоральной метрике, который исключает жёсткий детерминизм и одновременно сохраняет необратимость эволюционных переходов.

В рамках данного подхода причинность трактуется не как линейное отношение между отдельными событиями, а как результат взаимодействия множества локальных критических переходов внутри темпоральной области T .

4.1. Центральная формулировка

Структурная причинность – это процесс, при котором локальные критические переходы $\Delta T_{critical}(local)$, происходящие асинхронно внутри области T , могут объединяться в перколяционный кластер, который при достижении порога связности приводит к глобальному переходу уровня $T \rightarrow T_{after}$.

В этом смысле причинность:

- не задаёт жёсткой последовательности событий;
- определяет архитектуру возможных связей между ними;
- ограничивает множество допустимых эволюционных траекторий;
- не фиксирует будущее однозначно.

4.2. Локальная причинность

Локальной причиной называется активация конкретного локального порога $\Delta T_{critical}(local)$ в отдельной ячейке темпоральной мозаики.

Такой переход сопровождается:

- разрушением локальной симметрии;
- появлением локальной ранней асимметрии;
- воздействием на соседние элементы структуры;
- ростом локального фрагмента будущего кластера.

Это минимальная единица структурной причинности.

4.3. Кластерная причинность

Кластерной причиной называется совокупность локальных переходов, образующих связную область частично разрушенной симметрии.

Кластер:

- обладает повышенной вероятностью дальнейшего роста;

- способен инициировать переходы в соседних ячейках;
- формирует промежуточный уровень организации, предшествующий глобальному переходу.

Кластер можно рассматривать как инициирующую структуру глобальной причинности.

4.4. Глобальная причинность

Глобальной причиной называется достижение системой перколяционного порога – момента, когда кластер критических переходов распространяется на значительную часть области T и делает прежнюю симметрию G неустойчивой.

Глобальная причинность приводит к:

- разрушению симметрии G ;
- перестройке аттракторного ландшафта области T ;
- формированию области T_{after} ;
- возникновению новой симметрии G' .

Этот процесс можно рассматривать как темпоральный аналог глобального критического порога $\Delta T_{\text{critical}}(\text{global})$, выраженный в терминах причинной динамики.

4.5. Асинхронность и неопределённость

Асинхронность локальных переходов означает, что:

- моменты активации $\Delta T_{\text{critical}}(\text{local})$ не согласованы между собой;
- порядок их возникновения не фиксирован заранее;
- скорость роста кластера может изменяться;
- структура кластера формируется нелинейно и дискретно.

Из этого следует важное свойство: даже при фиксированной архитектуре возможных переходов конкретная траектория эволюции области T остаётся неопределённой.

4.6. Направленность без детерминизма

Структурная причинность допускает:

- необратимый переход уровня $T \rightarrow T_{\text{after}}$;
- но не предполагает предопределённости последовательности событий.

В отличие от классических моделей причинности:

- отсутствует линейная цепочка $A \rightarrow B \rightarrow C$;
- вместо неё действует сеть локальных критических переходов;
- совокупная активация которых может приводить к пороговому изменению области.

Таким образом, причинность в темпоральной метрике представляет собой направленную, но недетерминированную структуру переходов между уровнями.

4.7. Принцип структурной причинности

Причинность можно рассматривать как процесс формирования связанного кластера локальных критических переходов в темпоральной области T .

Этот процесс обладает необратимой направленностью, определяется структурой области и распределением порогов $\Delta T_{\text{critical}}(\text{local})$, однако конкретная траектория эволюции не может быть полностью предопределена и содержит фундаментальную неопределённость.

Принцип структурной причинности можно схематически записать в виде $C_{\text{str}}(T): \{\Delta T_{\text{critical}}(\text{local})\} \rightarrow K_{\text{perc}}(T) \rightarrow T_{\text{after}}$, где множество локальных критических переходов $\{\Delta T_{\text{critical}}(\text{local})\}$ через механизм кластеризации и перколяционной связности формирует кластер $K_{\text{perc}}(T)$, достижение которым глобального порога приводит к переходу области T в состояние T_{after} . Такая запись подчёркивает, что причинность в темпоральной метрике имеет не линейный, а структурно-кластерный характер.

Полученная формулировка структурной причинности позволяет рассматривать эволюцию темпоральных областей как процесс формирования кластеров локальных переходов. В следующем разделе анализируется динамика этих кластеров и условия их роста в темпоральной метрике.

5. Свойства структурной причинности

Структурная причинность описывает эволюцию темпоральных областей T в условиях действия двух источников неопределённости – квантовой и темпорально-структурной – и основана на объединении локальных переходов в перколяционные кластеры.

В данном разделе формулируются основные свойства, определяющие поведение причинно-следственных связей в темпоральной метрике и отличающие структурную причинность от детерминистических и вероятностных моделей.

5.1. Нелинейность

Структурная причинность имеет принципиально нелинейный характер:

- локальный переход может не вызвать дальнейших изменений;

- либо инициировать цепное развитие кластера;
- слабые воздействия способны приводить к значительным последствиям;
- сильные воздействия не обязательно приводят к переходу.

Поэтому линейные модели вида: увеличение воздействия \rightarrow увеличение эффекта не применимы для описания темпоральной динамики.

Причинность в темпоральной метрике имеет нелинейно-структурный, а не количественно-пропорциональный характер.

5.2. Асинхронность локальных переходов

Локальные пороги $\Delta T_{critical}(local)$:

- достигаются в различные моменты времени;
- не имеют общего ритма;
- не подчиняются глобальной синхронизации;
- не могут быть полностью выровнены внешними воздействиями.

Асинхронность является фундаментальным источником структурной неопределённости и исключает представление эволюции как заранее заданной последовательности событий.

5.3. Сетевая связность

Структурная причинность опирается на связность локальных элементов области T :

- переход одной ячейки влияет на соседние;
- влияние распространяется через структуру симметрии G ;
- эффект определяется топологией темпоральной мозаики.

Таким образом, причинность формируется как результат сетевого взаимодействия, а не как локальная дуга вида $A \rightarrow B$.

5.4. Пороговый характер

Причинность реализуется при достижении определённых порогов:

- локальные переходы требуют достижения $\Delta T_{critical}(local)$;
- формирование кластеров требует порога связности;
- глобальный переход возникает при достижении перколяционного порога области T .

Причинные изменения в темпоральной метрике имеют дискретный пороговый характер, а не непрерывную динамику.

5.5. Множество возможных траекторий

Структурная причинность допускает множество допустимых траекторий эволюции области T :

- порядок активации локальных переходов не фиксирован;
- структура кластеров не задана заранее;
- будущее ограничено архитектурой возможных переходов, но не определено однозначно.

Причинность формирует пространство возможных эволюций, а не единственную цепочку событий.

5.6. Ограниченность структурой симметрии

Причинность не является произвольной. Её архитектура ограничена симметрией G области T .

Это означает:

- допустимы только такие переходы, которые не разрушают симметрию до достижения порога;
- область будущих состояний формируется внутри допустимых симметричных преобразований;
- симметрия задаёт структурный каркас причинности.

5.7. Ограниченность детерминизма

Несмотря на существование структурных ограничений, причинность:

- не определяет будущие состояния однозначно;
- не фиксирует порядок локальных переходов;
- не задаёт единственный сценарий эволюции.

Таким образом, структурная причинность не допускает полного детерминированного описания эволюции.

5.8. Необратимость переходов

Несмотря на отсутствие детерминизма, структурная причинность обладает направленностью:

- локальные переходы не возвращаются в состояние T_{before} ;
- кластеры не восстанавливают прежнюю симметрию G ;
- глобальный переход уровня является необратимым.

Направленность является следствием необратимости темпоральных переходов.

5.9. Роль неопределённости

Неопределённость является необходимым элементом структурной причинности:

- она допускает асинхронность локальных переходов;
- предотвращает полную детерминированность эволюции;
- обеспечивает разнообразие эволюционных траекторий;
- делает возможным возникновение новых уровней реальности.

5.10. Перколяционный механизм глобальной причинности

Глобальная причинность реализуется посредством перколяционного механизма:

- локальные переходы формируют кластеры;
- кластеры распространяются по структуре области;
- при достижении порога связности прежняя симметрия G разрушается.

Перколяция связывает локальные и глобальные уровни причинной динамики.

5.11. Структурная устойчивость

Структурная причинность устойчива к:

- локальным сбоям;
- точечным отказам;
- неравномерности локальных переходов.

Эволюция уровня может продолжаться даже при неполной активации отдельных узлов.

Причинность представляет собой устойчивую сетевую структуру, а не линейную цепь событий.

5.12. Иерархичность

Причинность проявляется на трёх вложенных уровнях:

1. Локальном – переходы отдельных ячеек;
2. Кластерном – взаимодействие соседних переходов;
3. Глобальном – переход уровня $T \rightarrow T_{\text{after}}$.

Эти уровни не сводимы друг к другу: локальная причинность не полностью определяет глобальную, а глобальная причинность не диктует динамику отдельных локальных переходов.

Это отличает предложенный подход от классических линейных моделей. Сформулированные свойства позволяют рассматривать эволюцию темпоральных областей как динамику кластеров локальных переходов. В

следующем разделе анализируются механизмы формирования и роста таких кластеров.

6. Три принципа структурной причинности

Принцип 1. Пороговость темпоральных переходов

Эволюция темпоральной области T происходит через дискретные локальные критические переходы $\Delta T_{\text{critical}}(\text{local})$, соответствующие достижению порогов устойчивости отдельных элементов структуры.

Локальные переходы:

- происходят асинхронно,
- нарушают локальную симметрию,
- инициируют изменение аттракторной структуры области.

Тем самым причинность в темпоральной метрике носит пороговый и дискретный характер.

Принцип 2. Кластеризация причинных процессов

Локальные критические переходы не действуют изолированно, а объединяются в связанные структуры.

Эти структуры формируют кластеры критических переходов, способные:

- усиливать друг друга,
- распространяться по структуре области T ,
- инициировать новые локальные переходы.

Глобальные изменения уровня возникают тогда, когда кластер достигает перколяционного порога связности. Тем самым причинность имеет кластерный и сетевой характер.

Принцип 3. Ограниченная неопределённость эволюции

Несмотря на наличие структурных ограничений, эволюция области T не является детерминированной. Неопределённость возникает из двух источников:

1. Квантовой несовместимости наблюдаемых;
2. Асинхронности локальных критических переходов.

Поэтому:

- архитектура возможных переходов определена,
- но конкретная траектория эволюции не фиксирована заранее.

Эволюция темпоральной области представляет собой структурно ограниченный, но недетерминированный процесс.

6.1. Компактная формула теории

$C_{str}(T): \{\Delta T_{critical}(local)\} \rightarrow K_{perc}(T) \rightarrow T_{after}$, где $\{\Delta T_{critical}(local)\}$ – множество локальных критических переходов, $K_{perc}(T)$ – перколяционный кластер, T_{after} – новое состояние темпоральной области.

7. Пороговые механизмы: от локальной причинности к глобальной

Структурная причинность в темпоральной метрике основана на последовательном прохождении нескольких типов порогов: локальных, кластерных и глобальных.

Каждый из них связан с разрушением определённого уровня симметрии и формированием новой организации внутри области T .

Переход уровня $T \rightarrow T_{after}$ возникает при взаимодействии этих пороговых механизмов.

7.1. Локальный порог: активация $\Delta T_{critical}(local)$

Каждый локальный элемент темпоральной мозаики обладает собственным порогом $\Delta T_{critical}(local)$, который:

- определяется его внутренней структурой;
- относительно независим от соседних элементов;
- достигается асинхронно;
- вызывает локальное нарушение симметрии G ;
- создаёт состояние локальной ранней асимметрии.

Локальный порог представляет собой минимальную единицу причинности в структурном смысле.

Важно подчеркнуть, что активация локального порога сама по себе не гарантирует распространения перехода.

7.2. Кластерный порог: образование связной области переходов

Когда несколько локальных порогов активируются в соседних участках области T , они могут формировать кластер критических переходов.

Такой кластер:

- представляет собой частично разрушенный участок симметрии G ;
- влияет на соседние элементы, повышая вероятность их перехода;
- создаёт локальный градиент темпоральной нестабильности;
- начинает изменять локальную структуру аттракторов.

Кластерный порог достигается тогда, когда в связном фрагменте области число локальных

переходов становится достаточным для того, чтобы симметрия G в этой области стала неустойчивой.

После этого локальные причины начинают действовать совместно, формируя коллективную динамику перехода.

7.3. Порог расширения: самоподдерживающийся рост кластера

Сформированный кластер может:

1. Распасться;
2. Стабилизироваться;
3. Начать самоподдерживающееся расширение.

Последний вариант возникает, когда:

- локальные переходы повышают вероятность переходов в соседних ячейках;
- структура симметрии G допускает распространение нарушений;
- аттракторный ландшафт вокруг кластера становится менее устойчивым, чем внутри него.

Этот механизм можно сравнить с фазовым переходом по типу первого рода, однако он распространяется не через энергию, а через структурную перестройку темпоральной метрики.

Порог расширения означает, что локальный кластер перестаёт быть автономной структурой и становится зародышем глобального перехода.

7.4. Перколяционный порог: разрушение симметрии на уровне T

Глобальный переход уровня возможен тогда, когда кластер достигает перколяционного порога, то есть:

- охватывает весь связный компонент области T ;
- делает невозможным восстановление прежней симметрии G ;
- разрушает структуру аттракторов уровня;
- переводит область в состояние ранней асимметрии T_{after} .

Перколяционный порог можно рассматривать как структурный аналог $\Delta T_{critical}(global)$, возникающий как коллективный результат множества локальных переходов.

Важно подчеркнуть, что перколяционный порог не является простой суммой локальных порогов. Он представляет собой новое коллективное свойство системы, возникающее при достижении критической связности.

7.5. Глобальный порог: рождение области T_{after}

Глобальный порог соответствует моменту, когда:

- симметрия G исчезает;
- аттракторы области T перестают быть устойчивыми;
- прежняя структурная организация уровня разрушается;
- новая симметрия G' ещё не сформирована.

В этот момент возникает состояние: T_{after} – ранняя асимметрия нового уровня. Это состояние:

- обладает минимальной структурой;
- лишено устойчивых аттракторов;
- является временным переходным режимом;
- служит началом формирования новой симметрии.

7.6. Связь порогов между собой

Пороговые уровни образуют иерархическую структуру:

1. Локальные пороги определяют возможность микропричинности;
2. Кластерные пороги определяют возможность мезоуровня причинности;
3. Перколяционный порог определяет возможность макроскопического перехода;
4. Глобальный порог определяет переход уровня.

Однако ни один уровень причинности не выводится напрямую из предыдущего. Между ними действуют:

- нелинейность;
- неопределённость;
- асинхронность;
- сетевые эффекты.

7.7. Почему пороговые механизмы ограничивают детерминизм

Несмотря на наличие строгой архитектуры порогов, детерминированное описание эволюции невозможно. Это связано с тем, что:

- локальные пороги достигаются асинхронно;
- кластеры могут возникать или распадаться;
- рост кластеров не является гарантированным;
- перколяционный порог может быть достигнут различными путями;
- структура будущего уровня не фиксирована заранее.

Следовательно, переход $T \rightarrow T_{after}$ возможен, однако его конкретная траектория не предопределена.

7.8. Логика перехода уровня

Последовательность формирования глобального перехода можно схематически представить следующим образом: локальный переход \downarrow кластерный переход \downarrow порог расширения \downarrow перколяционный порог \downarrow глобальный переход уровня $T \rightarrow T_{after}$ \downarrow формирование новой симметрии G' .

Эта схема отражает минимальную функциональную цепь структурной причинности.

7.9. Формальная схема пороговой динамики

Пороговую динамику структурной причинности можно схематически представить в виде следующего отображения: $T_{after} = F(\{\Delta T_{critical}(local)\}, K(T), G(T))$ где $\{\Delta T_{critical}(local)\}$ – множество локальных критических переходов, $K(T)$ – структура кластеризации локальных переходов внутри области T , $G(T)$ – симметричная архитектура области.

Функция F отражает нелинейный и пороговый характер взаимодействия этих факторов: локальные переходы могут объединяться в кластеры, кластеры могут достигать перколяционного порога, а достижение этого порога приводит к глобальному переходу уровня.

В более структурной форме механизм причинности можно записать как последовательность отображений: $\{\Delta T_{critical}(local)\} \rightarrow K(T) \rightarrow K_{perc}(T) \rightarrow T_{after}$, где $K(T)$ – кластеры локальных переходов, $K_{perc}(T)$ – кластер, достигший перколяционного порога связности.

Эта запись подчёркивает, что глобальный переход уровня возникает не как результат отдельной причины, а как коллективный эффект кластеризации и перколяции локальных критических переходов.

Подобная пороговая структура переходов естественным образом возникает в системах, где глобальная динамика формируется через кластеризацию локальных процессов, включая фазовые переходы в космологии и формирование крупномасштабной структуры Вселенной.

8. Несогласованность локальных темпоральных ритмов

Одним из фундаментальных свойств темпоральной метрики является отсутствие единого темпорального режима для всей области T . Элементы, из которых состоит область, развиваются в различных локальных ритмах, достигают собственных порогов $\Delta T_{critical}(local)$ в

разное время и обладают различной динамикой эволюции.

Несоогласованность темпоральных ритмов играет ключевую роль в формировании структурной неопределённости и делает невозможным строго детерминированное описание эволюции в условиях необратимой темпоральной динамики.

8.1. Отсутствие единого времени внутри области T

Темпоральная область T не обладает единым глобальным временем, одинаковым для всех её элементов. Каждый локальный элемент характеризуется собственным темпоральным ритмом и имеет индивидуальную скорость накопления сложности относительно порога $\Delta T_{critical}(local)$.

Это исключает возможность полностью синхронного описания процессов уровня и делает эволюцию области результатом взаимодействия множества локальных темпоральных режимов.

8.2. Различие темпоральных скоростей достижения порогов

Локальные элементы области достигают своих критических порогов в различные моменты времени, поскольку их внутренние процессы протекают с различной скоростью.

Темпоральные ритмы элементов не совпадают и не обязаны стремиться к выравниванию. Поэтому активация $\Delta T_{critical}(local)$ в одном элементе не позволяет предсказать момент достижения аналогичных порогов в других элементах структуры.

8.3. Невозможность глобальной синхронизации переходов

Поскольку область T не имеет общего темпорального режима, переход уровня не может быть представлен как синхронное событие или заранее заданная последовательность.

Не существует механизма, способного согласовать локальные ритмы и привести их к единому моменту активации. Даже при сходной структуре порогов переходы остаются асинхронными и несогласованными.

8.4. Асинхронность как источник структурной неопределённости

Несоогласованность локальных ритмов порождает структурную неопределённость, которая не сводится к квантовым эффектам и может проявляться на различных масштабах.

Различие скоростей достижения порогов приводит к множественности возможных путей формирования кластеров и делает

невозможным точное предсказание их конфигурации.

В результате будущее состояние области T оказывается ограниченным архитектурой переходов, но не фиксированным заранее.

8.5. Асинхронность и ограниченность детерминизма

Невозможность согласования локальных ритмов существенно ограничивает возможность детерминированного описания эволюции.

Архитектура области задаёт допустимые формы причинных связей, однако не фиксирует их последовательность. Порядок разрушения симметрии G, траектории распространения кластеров и момент достижения перколяционного порога не могут быть заранее определены.

8.6. Асинхронность как условие эволюции

Эволюция уровня возможна именно благодаря несогласованности локальных темпоральных ритмов.

При полностью синхронном достижении порогов переходы происходили бы одновременно и не допускали бы формирования промежуточных структур. Асинхронность создаёт пространство возможных траекторий и обеспечивает условия для формирования области T_{after}.

8.7. Несоогласованность ритмов как метрическое свойство времени

Асинхронность локальных темпоральных ритмов является фундаментальным свойством темпоральной метрики уровня. Это не флуктуация и не случайность, а структурная характеристика времени, определяющая возможные формы эволюции области T. Темпоральная метрика задаёт архитектуру будущих состояний, не фиксируя конкретную траекторию развития.

Отсутствие единого темпорального режима напоминает ситуацию в общей теории относительности, где глобальное время также не является универсально определённым, однако в данном случае асинхронность возникает как следствие структуры темпоральной метрики уровня.

9. Темпоральная карта возможных будущих состояний

Несоогласованность локальных темпоральных ритмов, асинхронность достижения порогов $\Delta T_{critical}(local)$ и нелинейный характер перколяционных процессов приводят к тому,

что эволюция области T не может быть представлена как единственная последовательность событий.

Вместо этого формируется темпоральная карта возможных будущих состояний – структурированное множество допустимых конфигураций переходов, ограниченное архитектурой уровня, но не фиксированное заранее.

Темпоральная карта включает потенциальные пути разрушения симметрии G и формирования новой симметрии G' , совместимые со структурой темпоральной метрики.

9.1. Множество допустимых траекторий

Будущее состояние области T не задаётся одной траекторией, а соответствует множеству возможных путей, каждый из которых определяется:

- определённым набором локальных переходов;
- порядком их активации;
- конфигурацией формирующихся кластеров;
- различными сценариями достижения или недостижения перколяционного порога.

Разные траектории могут:

- начинаться в различных частях области T ;
- приводить к различным промежуточным структурам;
- различаться по скорости развития;
- обладать различной устойчивостью.

Ни одна из этих траекторий не является заранее выделенной или привилегированной.

9.2. Ограниченность структурой симметрии

Несмотря на множественность возможных траекторий, темпоральная карта будущего не является произвольной. Её структура определяется:

- симметрией G области T ;
- формой аттракторного ландшафта;
- топологией связей между локальными элементами;
- распределением порогов $\Delta T_{critical}(local)$.

Симметрия G задаёт каркас допустимых переходов, определяя, какие фрагменты области способны вступать в причинные взаимодействия.

Таким образом, структура уровня ограничивает форму возможного будущего, не фиксируя его конкретную реализацию.

9.3. Древоподобная структура эволюции

Поскольку локальные переходы происходят в разных частях области T и в разные моменты времени, эволюция уровня приобретает древоподобную структуру.

Каждый асинхронный переход создаёт развилку возможных дальнейших состояний.

При этом:

- ветви могут сходиться (конвергенция траекторий);
- могут расходиться необратимо (дивергенция);
- некоторые ветви могут обрываться (кластеры, не достигшие порога);
- другие могут формировать крупные кластеры.

Такая древоподобная структура, естественно, возникает в системах, где глобальная динамика формируется через перколяционные процессы.

9.4. Неполная наблюдаемость будущих траекторий

Темпоральная карта включает возможные будущие состояния, которые не обязательно являются наблюдаемыми. Некоторые траектории:

- могут возникать и исчезать до достижения значимых порогов;
- могут оставаться локальными и не распространяться на уровень;
- могут не оставлять устойчивых следов в структуре области.

Наблюдаемое будущее представляет собой лишь подмножество всех потенциальных траекторий.

9.5. Фундаментальная неопределённость эволюции

Даже при полном знании структуры области T , распределения локальных порогов $\Delta T_{critical}(local)$ и топологии связей между элементами неопределённость будущего остаётся фундаментальной.

Она возникает из:

- асинхронности локальных темпоральных ритмов;
- нелинейности роста кластеров;
- относительной независимости локальных переходов;
- отсутствия механизма глобальной синхронизации.

Поэтому будущее не может быть описано как единственная вычислимая траектория.

9.6. Пороговые поверхности на карте будущего

Внутри темпоральной карты можно выделить пороговые поверхности – границы, разделяющие траектории, ведущие к различным типам динамики:

- формированию локальных кластеров;
- их росту или распаду;
- достижению перколяционного порога;
- формированию области T_after ;
- возникновению различных конфигураций новой симметрии G' .

Пороговые поверхности задают геометрию пространства возможных переходов.

9.7. Карта как свойство темпоральной метрики

Темпоральная карта возможных будущих состояний является прямым следствием структуры темпоральной метрики. Она формируется благодаря:

- распределению локальных порогов;
- асинхронности темпоральных ритмов;
- нелинейной динамике кластеров;
- симметрией архитектуры уровня.

Таким образом, темпоральная карта не является внешней конструкцией описания, а представляет собой структурное свойство самой эволюции области T .

Будущее в такой системе не задано заранее и не является произвольным. Оно существует как структурированное множество допустимых состояний, определяемых.

9.8. Формальная запись темпоральной карты

Темпоральную карту возможных будущих состояний можно представить как множество допустимых траекторий эволюции области T : $F(T) = \{T_i_after\}$, где $F(T)$ – темпоральная карта возможных будущих состояний, T_i_after – различные возможные состояния уровня, возникающие при различных конфигурациях локальных переходов.

Формирование конкретной траектории внутри этой карты определяется взаимодействием локальных переходов и кластерных процессов: $T_i_after = F(\{\Delta T_critical(local)\}, K(T), G(T))$, где $\{\Delta T_critical(local)\}$ – множество локальных критических переходов, $K(T)$ – структура кластеризации локальных переходов, $G(T)$ – симметричная архитектура области.

Эта запись подчёркивает, что будущее состояние области определяется не одной причиной и не единственной траекторией эволюции, а совокупностью локальных переходов, их

кластерной организацией и структурными ограничениями, задаваемыми симметрией уровня.

Таким образом, темпоральная карта представляет собой пространство допустимых переходов, внутри которого конкретная траектория формируется динамически.

Темпоральная карта возможных будущих состояний завершает описание структурной причинности, показывая, что эволюция уровня определяется не единственной траекторией, а архитектурой допустимых переходов, формируемых темпоральной метрикой.

10. Следствия структурной причинности

Структурная причинность определяет, каким образом локальные критические переходы, происходящие асинхронно и несогласованно, формируют темпоральную карту возможных будущих состояний области T и обеспечивают эволюцию без жёсткого детерминизма.

В данном разделе рассматриваются основные следствия этого механизма, затрагивающие структуру времени, динамику уровней реальности и природу переходов $T \rightarrow T_after$.

10.1. Необратимость переходов

Поскольку локальные пороги $\Delta T_critical(local)$ достигаются асинхронно, а кластеры изменяют симметрию G в несогласованном порядке, локальные переходы не могут быть полностью обращены.

Даже попытка восстановления прежней структуры не возвращает область T в исходное состояние: набор активированных порогов, локальные ритмы и структура связности оказываются иными.

Таким образом, необратимость является естественным следствием структурной причинности.

10.2. Ограниченность предсказуемости

Структурная причинность существенно ограничивает возможность детерминированного описания будущего состояния системы:

- порядок локальных переходов не фиксирован;
- кластеры могут формироваться в различных частях T ;
- последовательность переходов не является заранее заданной;
- будущее не сводится к единственной траектории.

Даже при полном знании структуры уровня, будущее состояние может быть описано лишь как множество допустимых вариантов.

10.3. Разнообразие путей эволюции

Эволюция области T может реализовываться различными способами. Разные последовательности локальных переходов приводят:

- к различным промежуточным структурам;
- к различным конфигурациям кластеров;
- к различным формам разрушения симметрии G .

Даже при переходе в область T_{after} такие траектории могут сохранять различия в структуре ранней асимметрии.

10.4. Устойчивость эволюции при локальных сбоях

Структурная причинность не зависит от отдельных локальных событий. Если некоторые элементы не достигают порога:

- глобальный переход не обязательно отменяется;
- структура кластера может перестраиваться;
- траектория эволюции может изменяться;
- архитектура темпоральной карты сохраняется.

Это делает эволюцию уровня устойчивой к локальным флуктуациям.

10.5. Наличие скрытых траекторий

Не все возможные переходы оказываются наблюдаемыми. Некоторые траектории:

- могут возникать и исчезать до достижения значимых порогов;
- могут оставаться локальными;
- могут не оставлять устойчивых следов в структуре уровня.

Поэтому наблюдаемая эволюция представляет лишь часть возможных путей развития системы.

10.6. Отсутствие единой причинной линии

В структурной причинности отсутствует единая линейная цепочка событий вида $A \rightarrow B \rightarrow C$.

Вместо неё возникает сложная конфигурация:

- локальных причин;
 - пересекающихся кластеров;
 - параллельных процессов;
 - конкурирующих переходов.
- Причинность имеет сетевой характер.

10.7. Ограниченность глобального контроля

Несогласованность локальных темпоральных ритмов ограничивает возможность

полного внешнего контроля над эволюцией уровня. Невозможно полностью:

- синхронизировать локальные темпоральные ритмы;
- выровнять пороги $\Delta T_{\text{critical}}(\text{local})$;
- задать единый порядок переходов.

Поэтому глобальное управление динамикой уровня оказывается существенно ограниченным.

10.8. Масштабная вариативность переходов

Структурная причинность допускает переходы различных масштабов:

- локальные микро-переходы;
- каскады переходов на промежуточных масштабах;
- перколяционные переходы;
- глобальные переходы уровня.

Границы между масштабами не являются жёсткими: локальные процессы могут усиливаться, затухать или распространяться на более крупные области.

10.9. Различные конфигурации области T_{after}

Даже если переход $T \rightarrow T_{\text{after}}$ происходит, структура области T_{after} не обязательно является уникальной. Она зависит от:

- порядка локальных переходов;
- конфигурации кластеров;
- топологии разрушения симметрии;
- формы ранней асимметрии.

Поэтому область T_{after} может возникать в различных структурных конфигурациях.

10.10. Самостоятельность уровней реальности

Множественность траекторий и несогласованность темпоральных ритмов приводят к тому, что каждый уровень T функционирует как относительно самостоятельная темпоральная система.

Его эволюция:

- происходит в собственной темпоральной метрике;
- определяется внутренней структурой уровня;
- не обязана повторять динамику других уровней.

10.11. Структурная направленность эволюции

Направленность эволюции в рамках структурной причинности обусловлена:

- необратимостью локальных переходов;
- разрушением симметрии;
- формированием кластеров;

- перколяционными процессами.

Таким образом, направленность является следствием структурных свойств динамики, а не результатом внешнего принципа.

10.12. Эволюция как направленный, но недетерминированный процесс

Эволюция уровня T обладает следующими свойствами:

- имеет направленность ($T \rightarrow T_{\text{after}}$);
- является необратимой;
- допускает множество возможных траекторий;
- не сводится к случайному или хаотическому процессу.

Она развивается в рамках темпоральной карты возможных состояний, определяемой архитектурой уровня.

11. Космологические импликации структурной причинности

Структурная причинность и несогласованность локальных темпоральных ритмов могут оказывать существенное влияние на формирование и развитие крупномасштабных космологических структур. В данном разделе рассматривается, каким образом темпоральная метрика, пороговые механизмы и множественность траекторий могут проявляться в эволюции ранних фаз Вселенной, формировании симметрий, возникновении крупных структур и переходах между космологическими эпохами.

11.1. Ранние эпохи как последовательные области T

Фазовая структура ранней Вселенной, включая инфляцию, reheating, образование плазменного океана, рекомбинацию и формирование первых структур, может быть интерпретирована как последовательность темпоральных областей T , каждая из которых обладает собственной симметрией G и собственными локальными порогами. В этой интерпретации:

- каждая эпоха E_k соответствует устойчивой области T_k ;
- переходы между эпохами представляют собой глобальные пороговые процессы;
- ранняя асимметрия каждой эпохи может быть связана с состоянием $T_{\text{after}}(k-1)$;
- симметрия G_k формируется после разрушения симметрии $G_{\{k-1\}}$.

Такой подход позволяет рассматривать эволюцию космологических эпох в терминах пороговых и структурных механизмов темпоральной метрики.

11.2. Несогласованность ритмов как источник асимметрий ранней Вселенной

Ранние космологические процессы не могли быть полностью синхронными:

- плотность энергии распределялась неоднородно;
- флуктуации энергии и плотности могли влиять на локальные темпоральные ритмы;
- различные участки пространства могли достигать критических условий асинхронно.

Из этого следует, что крупномасштабные космологические асимметрии могут рассматриваться как возможное структурное следствие асинхронности локальных критических переходов, дополняющее роль квантовых флуктуаций. В этой трактовке:

- квантовые флуктуации формируют микро-неоднородности;
- асинхронность темпоральных ритмов может способствовать развитию крупномасштабной структуры.

11.3. Пороговые переходы как механизм смены космологических фаз

Крупные космологические трансформации, включая нарушения симметрий, изменения доминирующих компонентов энергии и переходы в составе материи, могут быть интерпретированы как процессы, аналогичные структурно-перколяционным переходам. Такие переходы могут включать:

- достижение критической связности локальных переходов;
- разрушение прежней симметрии G ;
- формирование новой симметрии G' .
- В этом контексте можно рассматривать:
- нарушение электрослабой симметрии как коллективный переход в раннем поле;
- переход к доминированию материи как перестройку структурных степеней свободы;
- формирование атомов как глобальный порог в структуре плазмы.

11.4. Ограниченность глобальной синхронизации космологических процессов

Если локальные участки ранней Вселенной обладали различными темпоральными ритмами, то космологические процессы могли происходить не строго синхронно. В этом случае:

- критические условия могли достигаться в разных регионах в разное время;
- переходы могли распространяться постепенно;
- космологические эпохи могли формироваться как результат асинхронных процессов.

Такая картина согласуется с наблюдениями, например:

- фрагментарный характер реионизации;
- неоднородность формирования крупномасштабной структуры;
- локальное возникновение топологических дефектов.

11.5. Кластерные процессы и формирование крупномасштабной структуры

Крупномасштабная структура Вселенной, включая галактические нити, пустоты и скопления, может рассматриваться как результат:

- начальных асинхронных переходов на малых масштабах;
- формирования локальных кластеров плотности;
- их нелинейного роста;
- достижения критических уровней связности;
- формирования устойчивой сетевой структуры.

В этой интерпретации космическая паутина может рассматриваться как крупномасштабное проявление сетевой динамики структурной причинности.

11.6. Несводимость эволюции космоса к единой траектории

Структурная причинность предполагает, что эволюция Вселенной не обязана следовать единственной универсальной траектории. Даже на космологических масштабах:

- локальные процессы развиваются асинхронно;
- разные регионы достигают порогов в разное время;
- кластерные структуры формируются неравномерно;
- глобальные изменения возникают как результат сетевых взаимодействий.

Это согласуется с наблюдаемой неодновременностью формирования галактик и структур.

11.7. Области T_{after} как предшественники космологических симметрий

После каждого космологического перехода может возникать состояние ранней асимметрии соответствующего уровня (T_{after}), которое:

- не обладает устойчивой структурой;
- характеризуется высокой динамической изменчивостью;
- постепенно формирует новую симметрию G' .

Примеры могут включать:

- раннюю плазму после инфляции;
- состояние вещества в период рекомбинации;
- ранние стадии формирования гравитационных структур.

11.8. Структурная причинность и необратимость космологической эволюции

Темпоральная карта космологических состояний, как и на других уровнях, обладает направленностью. Симметрии Вселенной формируются через последовательность необратимых переходов, поэтому:

- ранние симметрии не восстанавливаются автоматически;
- фазовые переходы космологических эпох не обращаются.

Эта направленность может рассматриваться как следствие структурной причинности.

11.9. Ограниченность детерминизма в космологических масштабах

Структурная причинность позволяет рассматривать космологическую эволюцию как процесс, в котором строгий детерминизм существенно ограничен:

- локальные процессы развиваются асинхронно;
- кластерные переходы возникают неравномерно;
- критические пороги достигаются в разное время.

Таким образом, космологическая эволюция может интерпретироваться как крупномасштабное проявление структурной темпоральной динамики.

11.10. Космологическая эволюция как пример многоуровневой причинности

На космологических масштабах структурная причинность проявляется через взаимодействие процессов разных уровней:

- локальных процессов (например, квантовых флуктуаций);
- мезомасштабных процессов (кластерная динамика плотности);
- глобальных переходов (космологические фазовые изменения).

Это соответствует трёхуровневой архитектуре причинности: локальная \rightarrow кластерная \rightarrow глобальная.

12. Ограничения структурной причинности

Структурная причинность описывает фундаментальные принципы формирования эволюции темпоральных областей T . Однако её

применение неизбежно связано с рядом ограничений, обусловленных наблюдаемостью процессов, возможностями математического моделирования, эпистемологическими пределами и внутренними свойствами самой темпоральной метрики.

Ниже рассмотрены основные ограничения, которые необходимо учитывать при интерпретации причинности в рамках предложенного подхода.

12.1. Неполнота информации о локальных порогах $\Delta T_{critical}(local)$

Структурная причинность предполагает существование локальных порогов перехода, однако:

- их точные значения зачастую неизвестны;
- распределение порогов по области T не наблюдаемо напрямую;
- локальные пороги могут изменяться в процессе эволюции T ;
- их связь с симметрией G трудно установить эмпирически.

Это накладывает фундаментальные ограничения на построение точных количественных моделей причинности.

12.2. Наблюдаемость следствий, а не механизмов

Во многих случаях наблюдаемыми оказываются лишь последствия структурной причинности.

Большинство локальных переходов:

- происходят на масштабах ниже уровня наблюдения;
 - протекают крайне быстро;
 - могут быть скрыты симметрией уровня.
- Поэтому наблюдаются главным образом:
- крупномасштабные кластеры;
 - изменения симметрий;
 - результаты переходов уровня.

Таким образом, причинные механизмы часто доступны лишь через косвенные проявления.

12.3. Ограниченная наблюдаемость скрытых траекторий

Как показано в разделах 8–9, значительная часть возможных траекторий эволюции остаётся скрытой.

Некоторые переходы:

- распадаются до формирования устойчивых кластеров;
- не оставляют следов в структуре уровня;
- реализуются вне области наблюдения.

Следовательно, реконструкция причинной структуры всегда остаётся частичной.

12.4. Ретроспективный характер обнаружения глобального порога

Перколяционный порог не является мгновенным событием.

Он:

- формируется постепенно;
- возникает как результат множества локальных переходов;
- не проявляется в виде чёткой границы.

Поэтому глобальная причинность, как правило, выявляется только ретроспективно, по факту разрушения симметрии уровня.

12.5. Зависимость от структуры симметрии G

Архитектура структурной причинности определяется симметрией области T .

Симметрия G :

- ограничивает возможные формы кластеров;
- определяет допустимые переходы;
- влияет на устойчивость структур.

Однако симметрия уровня:

- может быть неизвестной;
- может иметь сложную или многоуровневую структуру;
- может изменяться в процессе эволюции.

Поэтому любая модель причинности неизбежно остаётся приближённой.

12.6. Отсутствие единственной первопричины

Поскольку локальные переходы:

- происходят асинхронно;
- могут инициировать друг друга;
- образуют нелинейные сети взаимодействий, невозможно выделить одну первопричину глобального перехода.

Глобальные изменения являются результатом распределённой сети локальных процессов.

12.7. Внутренняя неопределённость пороговых структур

Даже при известной структуре области T невозможно заранее определить:

- будет ли сформированный кластер устойчивым;
- приведёт ли он к дальнейшему распространению;
- достигнет ли система перколяционного порога.

Эта неопределённость связана не столько с недостатком данных, сколько с особенностями самой темпоральной метрики.

12.8. Возможность частичных переходов уровня

Из-за асинхронности локальных процессов возможны ситуации, при которых:

- переход происходит лишь в части области;
- кластеры формируются локально;
- разрушение симметрии оказывается неполным.

В результате могут возникать промежуточные или гибридные состояния между T и T_{after} .

12.9. Масштабные ограничения моделей

Хотя структурная причинность имеет универсальный характер, её проявления различаются на разных масштабах. Например:

- на квантовых масштабах доминирует микронеопределённость;
- на мезомасштабах проявляются кластерные процессы;
- на космологических масштабах значительную роль играет топология и перколяция.

Поэтому единая модель требует адаптации к конкретному масштабу.

12.10. Ограничения математической формализации

Асинхронность локальных ритмов, неоднородность порогов и нелинейная структура взаимодействий существенно усложняют математическое описание системы.

Темпоральная карта возможных состояний:

- многомерна;
- нелинейна;
- включает большое число взаимосвязанных процессов.

Поэтому её описание в виде простой системы уравнений может оказаться невозможным.

12.11. Структурная причинность как принцип, а не универсальный закон

Структурная причинность описывает общий механизм формирования переходов между уровнями.

Она:

- связывает локальные переходы и глобальные изменения;
- объясняет многовариантность эволюции;
- описывает архитектуру причинных процессов.

Однако она не определяет:

- конкретные значения порогов;
- точные сценарии эволюции;

- происхождение самой темпоральной метрики.

Тем самым задаются естественные границы применимости теории.

12.12. Ограничения как границы знания

Как и в целом в серии VTN, ограничения данной теории связаны прежде всего с пределами наблюдения и знания. Они отражают:

- неполноту информации о структуре темпоральной метрики;
- сложность симметрий уровня;
- ограниченность эмпирического доступа к микропереходам.

Поэтому ограничения теории не свидетельствуют о несостоятельности структурной причинности, а лишь очерчивают границы наблюдаемого и моделируемого.

13. Заключение

В данной работе сформулирована концепция структурной причинности, основанная на несогласованности локальных темпоральных ритмов, пороговой структуре критических переходов и перколяционной природе перехода уровня $T \rightarrow T_{\text{after}}$.

В рамках предложенного подхода причинно-следственные связи трактуются не как линейная последовательность событий, а как сеть асинхронных локальных переходов $\Delta T_{\text{critical}}(\text{local})$. Эти переходы, взаимодействуя друг с другом, формируют кластеры, которые при достижении порогов связности приводят к разрушению симметрии уровня и формированию новой области реальности. Причинность в таком описании обладает направленностью вследствие необратимости переходов, однако не является детерминированной: она ограничена структурой системы, но не фиксирует единственную траекторию её эволюции.

Показано, что двойственная природа неопределённости – квантовая и темпорально-структурная – исключает возможность предопределённости эволюции. Асинхронность локальных ритмов приводит к множественности допустимых траекторий будущего, а темпоральная карта возможных состояний определяется архитектурой симметрии G и распределением локальных порогов, но не конкретным сценарием развития уровня.

Структурная причинность позволяет естественным образом интерпретировать ряд фундаментальных свойств эволюции сложных систем, включая:

- необратимость переходов;

- множественность путей эволюции;
- устойчивость уровней при локальных сбоях;
- невозможность глобальной синхронизации процессов;
- отсутствие единой причинной линии;
- относительную автономность уровней реальности;
- древовидную и сетевую структуру переходов.

Рассмотренные космологические импликации показывают, что ранние фазы Вселенной, смена симметрий и формирование крупномасштабных структур могут быть интерпретированы как проявления тех же пороговых механизмов и асинхронной динамики локальных темпоральных элементов. В этом контексте космологическая эволюция предстает не как единая детерминированная траектория, а как совокупность темпоральных областей, развивающихся в собственных локальных ритмах.

Обсуждённые ограничения – эпистемологические, наблюдательные и структурные – не являются слабостью предложенного подхода. Они отражают фундаментальные пределы знания о структуре темпоральной метрики и подчёркивают, что структурная причинность описывает архитектуру переходов, не предопределяя их конкретную реализацию.

Таким образом, предложенная концепция формирует целостную теоретическую рамку, в которой причинность рассматривается как структурное следствие пороговой динамики, асинхронности локальных темпоральных ритмов и перколяционной природы переходов между уровнями реальности. В этой рамке объединяются необратимость эволюции, ограниченность детерминизма и многовариантность переходов, что позволяет рассматривать развитие сложных систем как направленный, но принципиально недетерминированный процесс.

Финальная формулировка структурной причинности

В компактной форме структурная причинность может быть выражена следующим принципом:

Эволюция темпоральной области определяется множеством асинхронных локальных переходов $\Delta T_{critical}(local)$, которые формируют кластеры и при достижении перколяционного порога приводят к переходу уровня $T \rightarrow T_{after}$.

При этом:

- архитектура возможных переходов задаётся симметрией G и структурой темпоральной метрики;
- конкретная траектория эволюции не фиксирована заранее;
- переход уровня является направленным вследствие необратимости, но не детерминированным.

Таким образом, причинность в темпоральной метрике представляет собой структурно ограниченный, но не предопределённый процесс формирования новых уровней реальности.

Контактная информация автора размещается на его странице и может быть использована для обратной связи.

Заявления

Работа не получила целевого финансирования. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Barbour J. The Janus Point: A New Theory of Time. Basic Books, 2020.
2. Prigogine I., Stengers I. Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature. Bantam Books, 1984.
3. Smolin L. Time Reborn: From the Crisis in Physics to the Future of the Universe. Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
4. Penrose R. The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe. Vintage Books, 2007.
5. Anderson P.W. More is Different. Science, No. 177(4047), P. 393-396, 1972.
6. Newman M. Networks: An Introduction. Oxford University Press, 2010.
7. Strogatz S. Nonlinear Dynamics and Chaos. CRC Press, 2018.
8. Kauffman S. Investigations. Oxford University Press, 2000.
9. Holland J. Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. Addison-Wesley, 1995.
10. Goldenfeld N. Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group. Westview Press, 1992.
11. Callender C. What Makes Time Special? Oxford University Press, 2017.
12. Price H. Time's Arrow and Archimedes' Point. Oxford University Press, 1996.
13. Ladyman J., Ross D. Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized. Oxford University Press, 2007.

14. Penrose R. Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe. Bodley Head, 2010.
15. Hawking S., Ellis, G. The Large Scale Structure of Space-Time. Cambridge University Press, 1973.
16. Birrell N., Davies P. Quantum Fields in Curved Space. Cambridge University Press, 1982.
17. Gell-Mann M., Hartle J. Classical Equations for Quantum Systems. Physical Review D, No. 47(8), P. 3345-3382, 1993.
18. Kardar M. Statistical Physics of Fields. Cambridge University Press, 2007.
19. Christensen K., Moloney N. Complexity and Criticality. Imperial College Press, 2005.
20. Stanley H.E. Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena. Oxford University Press, 1971.
21. Ellis G. On the Nature of Causation in Complex Systems. Interface Focus, No. 2(1), P. 126-140, 2012.
22. Sorkin R. Causal Sets: Discrete Gravity. In: Lectures on Quantum Gravity. Springer, 2005.
23. Marković D., Gros C. Power Laws and Self-Organized Criticality in Theory and Nature. Physics Reports, No. 536(2), P. 41-74, 2014.
24. Stauffer D., Aharony A. Introduction to Percolation Theory. Taylor & Francis, 1994.
25. Barabási A.-L. Network Science. Cambridge University Press, 2016.
26. Чайковский А.И. Темпоральная структура физической реальности. Серия работ VTN-4 – VTN-13. АПНИ, 2025-2026.

TCHAIKOVSKY Arkady Ivanovich

Teacher, Shlisselburg Secondary School No. 1, Russia, Shlisselburg

VTN-14. TEMPORAL CAUSALITY

Abstract. *The paper formulates the concept of structural causality based on the properties of temporal metrics and asynchronous dynamics of local critical transitions. It is shown that causality in a system with irreversible temporal dynamics cannot be reduced to a linear or completely deterministic sequence of events: local elements of the region T have their own temporal rhythms, reach the thresholds $T_{critical}(local)$ at different times and form nonlinear clusters of transitions.*

The temporal uncertainty principle is introduced, which is not related to the Heisenberg uncertainty principle, according to which the uncertainty of evolution is not a consequence of the incompleteness of the observer's information, but a fundamental property of the temporal structure of the level. On this basis, a model of structural causality is formed in which local, cluster, and global thresholds determine the transition $T \rightarrow T_{after}$, and a temporal map of possible future states describes a variety of acceptable evolutionary trajectories.

The consequences of this principle are considered, including the irreversibility of transitions, the limitations of a deterministic description, the tree-like structure of evolution, resistance to local failures, and the relative autonomy of reality levels. It is shown that the cosmological processes of the early epochs, symmetry breaking and the formation of large-scale structures can be naturally interpreted through threshold and percolation mechanisms.

Structural causality is presented as a fundamental mechanism of the evolution of levels of reality, combining the irreversibility of temporal transitions, structural uncertainty and the multivariance of evolution into a single theoretical framework based on the properties of temporal metrics.

Keywords: *structural causality, temporal metric, local critical transitions, $T_{critical}(local)$, asynchrony of temporal rhythms, threshold mechanisms, percolation, symmetry breaking, temporal uncertainty principle, temporal map of future states, treelike evolution, irreversibility, multiplicity of trajectories, autonomy of levels, cosmological transitions.*

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 15 (301)

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 15.04.2026г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40