

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



26 2026
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 26 (629) / 2026

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображена *Александра Сергеевна Дубровина* (1986), кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Александра Сергеевна родилась в селе Черноручье Лазовского района Приморского края. В 2008 году она окончила Дальневосточный государственный университет по специальности «биохимия», а в 2010 году защитила диссертацию на соискание степени кандидата биологических наук по специальности «биотехнология».

Область научных интересов Александры Дубровиной — биотехнология. Ее работа посвящена разработке новых подходов для направленной регуляции свойств растений, ведущих к изменению их продукционных свойств, стрессоустойчивости и других характеристик в желаемом направлении.

В настоящее время разработка новых подходов для изменения различных характеристик растений — чрезвычайно актуальная задача, поскольку получение высокопродуктивных и высокоустойчивых растений с помощью экологически чистых и генетически безопасных подходов до сих пор остается нерешенной проблемой, которая приводит к многомиллионным потерям вследствие снижения или потери урожайности сельскохозяйственных культур в нашей стране.

Александра Сергеевна показала, что с помощью обработки поверхности растения экзогенными дцРНК

и киРНК можно вызвать замолкание генов, активная экспрессия которых препятствует повышению качества определенных характеристик растений, и определила возможность влияния на экспрессию генов растений и направленного изменения исследуемых свойств растений с помощью внешней обработки поверхности растения водными растворами двухцепочечных РНК.

Дубровина — лауреат премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых за 2021 год. Премия присуждена за развитие новых подходов для индукции РНК-интерференции и направленной регуляции работы генов растений. Показана возможность регулировать экспрессию генов растений и целенаправленно изменять их свойства путем внешней обработки поверхности растения растворами двухцепочечных РНК.

Александра Сергеевна также удостоена медали РАН с премией для студентов высших учебных заведений (2008); является победителем российского конкурса «Для женщин в науке» L'Oreal (2013); удостоена премии имени академика ВАСХНИЛ Б. А. Неунылова по направлению «физико-химическая биология» за цикл работ «Изучение механизмов устойчивости к стрессам и старения у растений с помощью молекулярно-биологических методов» (2015).

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

Шугаева В. М. Химическая связь и строение молекул	1
---	---

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Белолипецкий В. А. Отложенный рендеринг в сценах с множественным освещением: архитектура конвейера и оптимизация.....	4
Белолипецкий В. А. Скелетная анимация и морфинг: синтез движения персонажей в реальном времени.....	5
Белолипецкий В. А. Screen Space Ambient Occlusion: локальное затенение в рендеринге реального времени	7
Белолипецкий В. А. Instancing и батчинг геометрии: оптимизация рендеринга повторяющихся объектов.....	9
Белолипецкий В. А. Вода в реальном времени: симуляция поверхности и взаимодействие с окружением...	10
Жиленков Г. В. Преобразование сообщений ISO 8583 в JSON-формат в области карточного процессинга на примере интеграции с СВА ТСІ.....	12
Зиновьева А. А. Сравнительный анализ методов двухфакторной аутентификации (2FA) в современных веб-сервисах	14
Квилюнас И. М. Визуальные эффекты погоды: дождь, снег и лужи с помощью частиц и декалей	16
Квилюнас И. М. Пространственный апскейлер: основы алгоритма FidelityFX Super Resolution (FSR 1.0)	18
Квилюнас И. М. Постэффект глубины резкости (Depth of Field): физическая модель и реализация.....	19

Квилюнас И. М. Техника отражений в экранном пространстве (Screen Space Reflections)	21
Лузанова Е. А. Сравнительный анализ подходов к написанию SQL-запросов на основе стандарта качества программной продукции ...	23
Мишекин Д. И. Эволюция физического искусственного интеллекта и роботов-сотрудников: новый этап цифровизации производства	27
Мишекин Д. И. Платформы безопасности ИИ: как защищают интеллектуальные системы	28

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Alisherov A. The use of industrial robots in modern manufacturing.....	30
Дудик Д. Б. Повышение надежности систем гарантированного электропитания технических комплексов	32
Сурков В. Д., Сафиуллин А. Ш., Федоров К. А., Ханин В. П. Исследование влияния гидродинамических и режимных параметров на экономические показатели работы установки Клауса с учетом факторов коррозии.....	35

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Березовский А. Д., Мухтарова Р. Р. Методы анализа и оценки микроклиматических параметров объектов ландшафтной архитектуры	39
Дик Е. Е. Преодоление культурного моноцентризма в крупных городах (на примере Новосибирска)	43

**Нгуен Тиен Нам, Фам Дык Тиеп,
Нгуен Тьонг Лай**

Простая аналитическая формула для
определения несущей способности
мелкозаглублённых фундаментов,
армированных георешёткой51

ЮРИСПРУДЕНЦИЯ**Агабекян С. В.**

Анализ риска отсутствия механизмов
денонсации (прекращения) договоров
о создании интеграционных объединений
на примере процесса денонсации Договора
об образовании СССР57

Аргун Л. В.

Криминалистические аспекты обеспечения
информационной безопасности59

Баженова А. С.

Специальные психофизиологические
исследования с применением полиграфа:
методики, ошибки и правовое значение63

Баженова А. С.

Научно-методологические аспекты
применения технологий искусственного
интеллекта в специальных
психофизиологических исследованиях65

Бивол В. С.

Особенности правового статуса
маркетплейсов и агрегаторов информации
в системе защиты прав потребителей.....67

ХИМИЯ

Химическая связь и строение молекул

Шугаева Вероника Максимовна, студент

Научный руководитель: Салихова Гузель Галиевна, кандидат химических наук, доцент
Башкирский государственный аграрный университет (г. Уфа)

Показана роль химической связи в формировании строения молекул и свойств веществ. Особое внимание уделено электронной природе связи, различиям между ковалентным, ионным, металлическим и водородным взаимодействием, а также влиянию геометрии молекул на полярность и физико-химические свойства. Теоретические положения сопровождаются короткими примерами.

Ключевые слова: химическая связь, молекула, электронная пара, электроотрицательность, гибридизация, полярность, водородная связь.

Введение

Химическая связь объясняет, почему отдельные атомы способны образовывать устойчивые вещества, а вещества отличаются друг от друга составом, формой частиц, температурой плавления, растворимостью и реакционной способностью. На первый взгляд молекула кажется простой совокупностью атомов, но на самом деле ее свойства зависят не только от состава, но и от того, как атомы соединены и как они расположены в пространстве [1].

Актуальность темы связана с тем, что представления о химической связи лежат в основе почти всех разделов химии. Без них трудно понять строение воды, кислот, солей, органических соединений, полимеров и биологически важных молекул. Цель статьи — показать, как природа химической связи определяет строение молекул и почему пространственная форма частиц влияет на свойства вещества. Для достижения цели рассмотрены электронная природа связи, основные типы взаимодействий, геометрия молекул и связь строения со свойствами [2].

1. Электронная природа химической связи

Образование химической связи связано с изменением электронной структуры атомов. Когда атомы сближаются, между их ядрами и электронами возникают силы притяжения и отталкивания. Устойчивая связь появляется только в том случае, если энергия образовавшейся системы ниже энергии раздельных атомов. Поэтому химическая связь не является механическим "склеиванием" частиц: это энергетически выгодное состояние электронной системы [1].

Большую роль играет валентная электронная оболочка. Именно внешние электроны участвуют в образовании общих электронных пар, переходе электронов от одного атома к другому или в создании обобществленного электронного облака. Отсюда следует важный вывод: свойства вещества нельзя объяснить только числом атомов. Нужно учитывать электронное строение, электроотрицательность элементов, длину и энергию связи, а также взаимное расположение связей в молекуле [2].

К основным характеристикам связи относятся длина, энергия и полярность. Длина связи показывает расстояние между ядрами связанных атомов. Энергия связи характеризует прочность взаимодействия: чем она выше, тем труднее разрушить связь. Полярность зависит от различия электроотрицательностей. Если один атом сильнее притягивает общую электронную пару, электронная плотность смещается к нему, и связь становится полярной [3].

2. Основные типы химической связи

Ковалентная связь образуется при возникновении общих электронных пар. Она характерна для молекул водорода, кислорода, воды, аммиака, метана и множества органических веществ. Если атомы одинаковые, как в молекуле H_2 , связь неполярная. Если атомы разные, как в HCl или H_2O , общая электронная пара смещается к более электроотрицательному атому, поэтому связь становится полярной. В ковалентной связи особенно важны направленность и насыщенность, так как именно они определяют форму молекулы [3].

Ионная связь возникает при большом различии электроотрицательностей. Один атом отдает электрон и пре-

вращается в положительный ион, другой принимает электрон и становится отрицательным ионом. Между разноименно заряженными частицами действует электростатическое притяжение. Примером является хлорид натрия NaCl. Однако в реальных веществах граница между ионной и ковалентной связью не всегда абсолютно резкая: многие соединения имеют смешанный характер связи [3].

Металлическая связь характерна для металлов и сплавов. Ее можно представить как взаимодействие положительных ионов металла с общим электронным облаком. Благодаря подвижности электронов металлы хорошо проводят электрический ток и тепло, обладают пластичностью и металлическим блеском. В этом случае строение вещества уже нельзя описывать как отдельные молекулы: правильнее говорить о кристаллической решетке.

Отдельно выделяют водородную связь. Она слабее ковалентной, но ее значение очень велико. Водородная связь возникает, когда атом водорода, связанный с сильно электроотрицательным атомом, взаимодействует с неподеленной электронной парой другого атома. Именно водородные связи во многом объясняют необычно высокую температуру кипения воды, структуру льда и устойчивость пространственных структур белков и нуклеиновых кислот [4].

3. Пространственное строение молекул

Строение молекулы нельзя сводить к записи химической формулы. Формула H_2O показывает состав воды, но не раскрывает ее угловое строение. Пространственная форма молекулы зависит от расположения электронных пар вокруг центрального атома. Электронные пары отталкиваются друг от друга и стремятся занять такие положения, при которых отталкивание минимально. Поэтому молекулы имеют определенную геометрию: линейную, угловую, треугольную, тетраэдрическую и другие формы [2].

Например, молекула CO_2 линейная: атом углерода находится между двумя атомами кислорода, а угол O-C-O равен 180 градусов. Связи C=O полярные, но из-за симметричного расположения их дипольные моменты компенсируются, поэтому молекула в целом неполярна. Иначе устроена молекула воды. В ней атом кислорода имеет две связи O-H и две неподеленные электронные пары, поэтому молекула имеет угловую форму. Дипольные моменты не компенсируются, и вода является полярной молекулой.

Похожий пример — аммиак NH_3 . У атома азота есть три связи с водородом и одна неподеленная электронная пара. Из-за этого молекула имеет форму тригональной пирамиды. Такая геометрия влияет на полярность аммиака, его растворимость в воде и способность вступать в реакции, где важна неподеленная электронная пара азота. В метане CH_4 четыре связи C-H направлены к вершинам тетраэдра, что делает молекулу симметричной.

Для объяснения формы многих молекул используют понятие гибридизации атомных орбиталей. Так, sp^3 -гибридизация характерна для тетраэдрического окружения, sp^2 — для плоского треугольного, sp — для линейного. Эта модель не заменяет более сложные квантово-химические представления, но удобна для объяснения строения органических и неорганических молекул на учебном уровне [5].

4. Связь строения молекул со свойствами веществ

Природа химической связи и форма молекулы прямо отражаются на свойствах вещества. Полярные молекулы обычно лучше взаимодействуют с полярными растворителями. Поэтому вода хорошо растворяет многие соли и полярные вещества, но плохо смешивается с неполярными углеводородами. Неполярные молекулы, наоборот, легче растворяются в неполярных средах.

Тип связи влияет и на агрегатное состояние. Вещества с ионной кристаллической решеткой обычно имеют высокие температуры плавления и кипения, так как для разрушения решетки требуется значительная энергия. Молекулярные вещества с небольшими неполярными молекулами часто являются газами или летучими жидкостями. В металлах обобществленные электроны обеспечивают электропроводность, теплопроводность и способность к деформации без полного разрушения структуры [4].

Особенно хорошо связь строения и свойств видна на примере воды. Ее молекула полярна и способна образовывать водородные связи. Поэтому вода имеет сравнительно высокую температуру кипения, большую теплоемкость и особую структуру льда. Эти свойства важны не только для химии, но и для биологии, географии и повседневной жизни. Получается, что микроскопическое строение молекулы проявляется в свойствах вещества, которые можно наблюдать практически.

Заключение

Химическая связь — это основа существования молекул и кристаллических веществ. Ее образование связано с электронной структурой атомов и уменьшением энергии системы. Разные типы связи — ковалентная, ионная, металлическая и водородная — по-разному влияют на строение и свойства веществ.

Главный вывод состоит в том, что химическая формула дает только первое представление о веществе. Чтобы понять его поведение, нужно учитывать тип связи, полярность, энергию взаимодействия и пространственную форму молекулы. Именно поэтому строение CO_2 , H_2O , NH_3 и CH_4 приводит к различным свойствам, хотя все эти вещества состоят из сравнительно небольших молекул. Знание химической связи помогает объяснять свойства уже известных соединений и предсказывать особенности новых веществ.

Литература:

1. Глинка Н. Л. Общая химия. — Москва: КНОРУС, 2022. — 752 с.
2. Еремин В. В., Кузьменко Н. Е., Лунин В. В. Теоретическая и математическая химия для школьников. — Москва: МЦНМО, 2021. — 368 с.
3. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 744 с.
4. Кэмпбелл Н., Рис Дж. Биология. В 3 т. Т. 1. Химия жизни. — Москва: БИНОМ, 2021. — 512 с.
5. Housecroft C. E., Sharpe A. G. Inorganic Chemistry. — 5th ed. — Harlow: Pearson, 2018. — 1296 p.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Отложенный рендеринг в сценах с множественным освещением: архитектура конвейера и оптимизация

Белолипецкий Виталий Александрович, студент
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматривается архитектура отложенного рендеринга, подхода к организации конвейера, ориентированного на сцены с большим числом точечных источников света. Проанализированы основные различия между отложенным и прямым рендерингом, структура G-буфера и способы расчёта освещения на экранной сетке. Отдельное внимание уделено проблемам производительности, алиасингу и интеграции прозрачности.

Ключевые слова: отложенный рендеринг, deferred rendering, G-буфер, множественное освещение, рендеринг реального времени.

Растеризация каждого треугольника требует расчёта освещения с учётом всех источников света. При наличии сотен и тысяч точечных источников света, как в комнатах с множеством ламп или в уличных сценах [1, с. 156], прямой расчёт становится вычислительно нерентабельным: каждый фрагмент требует проверки влияния каждого источника света. **Отложенный рендеринг** (deferred rendering) решает эту проблему, разделяя конвейер на две фазы: на первой сохраняются геометрические атрибуты поверхности, на второй применяется освещение [2]. Целью статьи является рассмотрение архитектуры отложенного рендеринга, его преимуществ и ограничений.

Архитектура отложенного рендеринга

Отложенный рендеринг состоит из двух фаз: **фаза геометрии** и **фаза освещения** [3, с. 78]. На фазе геометрии вся видимая геометрия сцены рендерится один раз, сохраняя атрибуты поверхности в **G-буфере** (geometry buffer). G-буфер обычно включает нормаль поверхности, позицию, диффузный альбедо и параметры материала (шероховатость, металличность) [4, с. 34].

На фазе освещения для каждого источника света рендерится экранная сетка, и в пиксельном шейдере выполняется выборка из G-буфера, восстановление позиции фрагмента и расчёт его освещённости [5]. Результаты освещения накапливаются в финальный буфер через аддитивное смешивание, что позволяет обрабатывать каждый источник света независимо.

Преимущества и ограничения

Главное преимущество отложенного рендеринга — линейная сложность относительно числа источников света вместо квадратичной при прямом рендеринге [6, с. 112]. Для сцены с тысячей источников света это означает значительное ускорение. Каждый источник света обрабатывается независимо, что хорошо масштабируется на GPU [7].

Однако отложенный рендеринг имеет ограничения. **Прозрачность** требует отдельной обработки, поскольку прозрачные объекты не могут быть включены в G-буфер [8, с. 91]. **Антиалиасинг** дорогостоящий: MSAA требует хранения G-буфера для каждой выборки. **Затраты на память** значительны: типичный G-буфер занимает 100–200 МБ видеопамати. Кроме того, все материалы должны соответствовать структуре G-буфера, что ограничивает гибкость [9].

Оптимизация и гибридные подходы

На практике современные движки используют **гибридный рендеринг**, комбинирующий отложенный и прямой методы. Непрозрачные объекты с физически корректными материалами рендерятся отложенным методом, прозрачные обрабатываются прямым методом, а статическое освещение запекается в карты лайтмэпов [10]. Дополнительная оптимизация достигается через **кластеризацию света**: сцена разбивается на трёхмерные клетки, и для каждой предвари-

тельно вычисляется список источников света, влияющих на неё [11]. Это позволяет шейдерам освещения обрабатывать только релевантные источники.

Сравнение архитектур представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение архитектур рендеринга

Архитектура	Основное преимущество	Основной недостаток
Forward rendering	Гибкость, естественная прозрачность	Квадратичная сложность со светами
Deferred rendering	Линейная сложность, масштабируемость	Затраты на память, проблемы с прозрачностью
Гибридный подход	Баланс производительности и гибкости	Сложность реализации

Заключение

Отложенный рендеринг остаётся актуальным методом обработки сцен с множественным динамическим освещением, позволяя масштабировать число источников света без пропорционального роста вычислительных затрат. Однако его ограничения с прозрачностью, памятью и антиалиасингом делают гибридный подход более практичным решением. Современные движки комбинируют отложенный рендеринг для непрозрачных объектов с прямым методом для прозрачности, достигая оптимального баланса производительности и гибкости.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — CRC Press, 2018. — 1200 с.
2. Engel W. Deferred Rendering for Current and Future Rendering Pipelines // ACM SIGGRAPH Courses. — 2008.
3. Mittring M., Dudash B. Deferred Rendering in Killzone 2 // Game Developers Conference Proceedings. — 2007.
4. Kaplanyan A., Dachsbacher C. Cascaded Light Propagation Volumes for Real-Time Indirect Illumination // ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. — 2010.
5. McGuire M. Deferred Rendering for Current and Future Rendering Pipelines // Game Developer Magazine. — 2013.
6. Harada T., Fujita Y., Takahara K. Massive Parallel Light Culling with Compute Shader Using Sweep and Prune Algorithm // ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. — 2012.
7. Lauritzen A., Salvi M. Forward+: A Step Toward Film-Style Shading in Real Time // ACM SIGGRAPH Courses, Advances in Real-Time Rendering. — 2013.
8. Billeter M., Salvi M., Lauritzen A. Decoupled Deferred Shading on the GPU // ACM SIGGRAPH Symposium on Graphics Hardware. — 2011.
9. Olsson O., Billeter M., Assarsson U. Clustered Deferred and Forward Shading // ACM SIGGRAPH Symposium on High-Performance Graphics. — 2012.

Скелетная анимация и морфинг: синтез движения персонажей в реальном времени

Белолипецкий Виталий Александрович, студент
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматриваются основные методы воспроизведения анимации персонажей и других движущихся объектов в рендеринге реального времени. Проанализированы принципы скелетной анимации (skeletal animation), основанной на деформации геометрии относительно иерархии костей, и морфинга (morphing), интерполирующего между предвычисленными вариантами геометрии. Отдельное внимание уделено способам оптимизации и слиянию нескольких видов анимации для создания плавных переходов между действиями персонажа.

Ключевые слова: скелетная анимация, морфинг, деформация геометрии, кости, вес вершины, рендеринг реального времени.

Воспроизведение движения персонажей — критически важный элемент современных игр и интерактивных приложений. Наивный подход к анимации — запекание геометрии в отдельные кадры и их последовательное воспроиз-

ведение — требует экспоненциального роста памяти с числом кадров анимации [1, с. 201]. **Скелетная анимация** решает эту проблему, храня анимацию как последовательность поз скелета, состоящих из трансформаций (позиция, ориентация, масштаб) костей, и вычисляя позицию вершин в реальном времени на основе влияния близлежащих костей [2]. Целью статьи является рассмотрение архитектуры скелетной анимации, метода морфинга и их комбинирования в современных приложениях.

Скелетная анимация: иерархия костей и деформация

Скелет персонажа представляет собой иерархическую структуру костей, где каждая кость имеет трансформацию (матрицу 4×4) относительно своего родителя [3, с. 56]. Анимация хранится как последовательность ключевых кадров (keyframes), содержащих трансформации всех костей. Между кадрами используется линейная или кубическая интерполяция, обеспечивающая плавное движение [4].

Деформация геометрии персонажа описывается через **вес вершины** (vertex weight) — число от 0 до 1, указывающее, в какой степени движение каждой кости влияет на позицию вершины [5, с. 78]. Вершина обычно влияет несколькими костями одновременно; в вершинном шейдере позиция вершины вычисляется как взвешенная сумма позиций, полученных трансформированием вершины матрицами каждой влияющей кости [6]. Правильная настройка весов критична для плавной и реалистичной деформации: неправильные веса приводят к артефактам типа излома кожи на суставах.

Морфинг и блендинг анимаций

Морфинг (morphing) — альтернативный метод анимации, основанный на интерполяции между несколькими предвычисленными вариантами геометрии, называемыми **морфтаргетами** или **бленд-шейпами** (blend shapes) [7, с. 34]. Каждый морфтаргет — это полная копия геометрии с изменёнными позициями вершин, например, для различных выражений лица персонажа. На каждом кадре вычисляется взвешенная сумма позиций вершин из различных морфтаргетов [8].

Морфинг особенно полезен для деталей, сложных для представления скелетной анимацией: выражения лица, деформация одежды, органичные движения мышц [9, с. 91]. Однако морфинг требует хранения дополнительной геометрии для каждого морфтаргета, быстро исчерпывая видеопамять. На практике современные движки комбинируют скелетную анимацию для общего движения тела и морфинг для локальных деталей, достигая оптимального баланса между качеством и затратами памяти.

Оптимизация и интеграция анимаций

Ключевая оптимизация скелетной анимации — **матричная палитра** (matrix palette): вместо отправки всех матриц трансформации костей в видеопамять на каждом кадре, предвычисляется палитра из N матриц костей, которая передаётся один раз и переиспользуется для всех вершин персонажа [10, с. 145]. Это существенно снижает нагрузку на шину PCI Express.

Плавные переходы между различными анимациями достигаются через **кросс-фейд** (cross-fade): две анимации воспроизводятся одновременно, с весом каждой анимации, изменяющимся с течением времени [11]. Это позволяет избежать рывков и нарушений в движении при смене действия персонажа. Комбинирование скелетной анимации и морфинга в единый конвейер требует согласованной системы управления весами и синхронизации кадров между различными слоями анимации.

Сравнение методов представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение методов анимации

Метод	Основное преимущество	Основной недостаток
Запекание геометрии	Простота реализации	Экспоненциальный расход памяти
Скелетная анимация	Компактное хранение, гибкость	Требует правильной настройки весов
Морфинг	Точная деформация деталей	Большие затраты на память

Заключение

Скелетная анимация остаётся стандартным методом воспроизведения движения персонажей в рендеринге реального времени благодаря компактному представлению и эффективности вычислений. Морфинг дополняет скелетную

анимацию для деталей, требующих точной деформации, таких как выражения лица. Современные приложения используют гибридный подход, комбинирующий оба метода через систему весов и кросс-фейда, обеспечивающую плавные переходы и реалистичное движение персонажей с минимальными затратами памяти и вычислительных ресурсов.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — CRC Press, 2018. — 1200 с.
2. Lengyel E. Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics. — 3rd ed. — Cengage Learning, 2011.
3. Thalmann D., Magnenat-Thalmann N. Complex Character Animation with Multiple Deformations // Models and Techniques in Computer Animation. — 1990.
4. Lander J. Skin Them Bones: Game Programming Insights // Charles River Media. — 2005.
5. Lewis J. P., Cordner M., Fong N. Pose Space Deformation: A Unified Approach to Shape Interpolation and Skeleton-Driven Deformation // ACM SIGGRAPH. — 2000.
6. Mohr A., Gleicher M. Building Efficient, Accurate Character Skins from Examples // ACM SIGGRAPH. — 2003.
7. Zorin D., Schröder P., Sweldens W. Interactive Multiresolution Mesh Editing // ACM SIGGRAPH. — 1997.
8. Chadwick J. E., Haumann D. R., Parent R. E. Layered Construction for Deformable Animated Characters // ACM SIGGRAPH. — 1989.
9. Kavan L., Collins S., Zara J., O’Sullivan C. Geometric Skinning with Approximate Dual Quaternions // ACM Transactions on Graphics. — 2008.
10. Wareham R., Song Y., Lasenby J. Motion Capture Using Quaternions and Geodesic Interpolation // Proceedings of MICCAI. — 2004.
11. Bregler C., Malik J., Pullen K. Breaking the Motion Capture Occlusion Barrier // ACM SIGGRAPH. — 2004.

Screen Space Ambient Occlusion: локальное затенение в рендеринге реального времени

Белолипецкий Виталий Александрович, студент

Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматривается метод Screen Space Ambient Occlusion (SSAO), позволяющий добавлять локальные тени в углубления и щели геометрии без явного расчёта глобального освещения. Проанализированы принципы работы SSAO, основанные на анализе буфера глубины и нормалей, способы оптимизации через понижение разрешения и временное фильтрование. Отдельное внимание уделено взаимодействию SSAO с другими методами освещения и практическим рекомендациям по настройке параметров для различных типов сцен.

Ключевые слова: SSAO, ambient occlusion, локальные тени, буфер глубины, рендеринг реального времени, постпроцессинг.

Глобальное освещение — один из наиболее визуально значимых эффектов в синтезе изображений, однако его полный расчёт требует значительных вычислительных затрат. Упрощённый подход — **ambient occlusion** (АО), техника, которая локально затемняет углубления и щели в геометрии, создавая иллюзию глубины без явного моделирования отскоков света [1]. **Screen Space Ambient Occlusion** (SSAO) реализует этот подход на основе буфера глубины экрана, что делает его применимым в реальном времени без привязки к геометрии сцены [2]. Целью статьи является рассмотрение принципов SSAO, методов оптимизации и его роли в современном рендеринге.

Принцип работы SSAO

SSAO анализирует буфер глубины и буфер нормалей экрана для каждого пикселя. Для каждого пикселя выполняется выборка глубины в окрестности (например, в круговой или случайной сетке из соседних пикселей), и определяется, насколько окружающая геометрия затемняет текущий пиксель [2]. Если соседние пиксели имеют глубину ближе к камере, чем текущий пиксель, это указывает на углубление или щель, и текущий пиксель затемняется.

Фактор окклюзии вычисляется как отношение числа выборок, которые находятся ближе к камере, к общему числу выборок в окрестности. Этот коэффициент умножается на интенсивность окружающего света, создавая эффект локального затенения [3]. Поскольку SSAO работает исключительно с буфером экрана, он не требует информации о геометрии сцены и может быть применён как постпроцессинговый эффект после основного рендеринга.

Оптимизация и артефакты

Базовая реализация SSAO может быть дорогостоящей: для каждого пикселя требуется выполнить десятки или сотни выборки из буфера глубины. Основная оптимизация — рендеринг SSAO на пониженном разрешении (например, половинном), с последующей интерполяцией результата на полное разрешение [4]. Это снижает стоимость в 4 раза за счёт приемлемого упрощения деталей.

Дополнительная оптимизация — формулирование задачи как трёхмерного объёмного интеграла, что позволяет уменьшить число выборок на пиксель при сохранении качества [5]. Однако SSAO обладает характерными артефактами: **ореолы** на краях объектов, возникающие из-за дисконтинуитета глубины между передним и дальним объектами, и **бледность** деталей при близких углах обзора. Эти артефакты частично компенсируются через маскирование краёв и пространственное фильтрование результата [6].

Интеграция с освещением и современные подходы

SSAO обычно применяется как модулятор интенсивности окружающего света: итоговый вклад окружающего освещения умножается на коэффициент окклюзии, полученный из SSAO. Это позволяет сохранять чёткость основного освещения (солнечный свет, точечные источники) без размытия деталей. На практике SSAO часто комбинируется с другими методами: контактные тени обеспечивают локальное затенение в непосредственной близости от поверхностей, а SSAO добавляет деталь в глубинные щели [7].

Современная альтернатива — **НБАО** (Horizon-Based Ambient Occlusion), которая учитывает угол горизонта в окрестности пикселя, обеспечивая более точные результаты, но с повышенной стоимостью [8]. Сравнение методов представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение методов локального затенения

Метод	Основное преимущество	Основной недостаток
Глобальное освещение	Физическая корректность	Очень высокая вычислительная стоимость
SSAO	Низкая стоимость, простая интеграция	Артефакты на краях, приближённость
НБАО	Более качественные результаты	Повышенная вычислительная стоимость

Заключение

Screen Space Ambient Occlusion остаётся практичным методом добавления визуальной глубины через локальное затенение, находя баланс между качеством и производительностью в рендеринге реального времени. Несмотря на артефакты и приближённость, SSAO широко используется в современных играх как относительно дешёвый способ обогатить визуальное восприятие сцены. Дальнейшее совершенствование направлено на уменьшение артефактов через лучшие методы фильтрования и временной фильтрации, а также на интеграцию SSAO с динамическим глобальным освещением для достижения визуальных результатов, близких к полному расчёту освещения.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — Boca Raton: A K Peters / CRC Press, 2018. — 1198 p. — ISBN 978-1-1386-2700-0.
2. Mittring M. Finding next gen: CryEngine 2 // ACM SIGGRAPH 2007 Courses. — New York: ACM, 2007. — P. 97–121. — DOI: 10.1145/1281500.1281671.
3. Bavoil L., Sainz M., Dimitrov R. Image-space horizon-based ambient occlusion // ACM SIGGRAPH 2008 Talks. — New York: ACM, 2008. — Article 22. — DOI: 10.1145/1401032.1401061.
4. McGuire M., Mara M., Luebke D. Scalable Ambient Obscurance // Proceedings of the ACM SIGGRAPH / Eurographics Conference on High-Performance Graphics (HPG '12). — Goslar: Eurographics Association, 2012. — P. 97–103. — DOI: 10.2312/EGGH/HPG12/097–103.
5. Loos B. J., Sloan P.-P. Volumetric Obscurance // Proceedings of the 2010 ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games (I3D '10). — New York: ACM, 2010. — P. 151–156. — DOI: 10.1145/1730804.1730829.
6. McGuire M., Osman B., Bukowski M., Hennessy P. The Alchemy Screen-Space Ambient Obscurance Algorithm // Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on High Performance Graphics (HPG '11). — New York: ACM, 2011. — P. 25–32. — DOI: 10.1145/2018323.2018327.

7. Filion D., McNaughton R. Effects & Techniques // ACM SIGGRAPH 2008 Games. — New York: ACM, 2008. — P. 133–164. — DOI: 10.1145/1404435.1404441.
8. Mattausch O., Scherzer D., Wimmer M. High-Quality Screen-Space Ambient Occlusion using Temporal Coherence // Computer Graphics Forum. — 2010. — Vol. 29, No. 8. — P. 2492–2503. — DOI: 10.1111/j.1467-8659.2010.01784.x.

Instancing и батчинг геометрии: оптимизация рендеринга повторяющихся объектов

Белолипецкий Виталий Александрович, студент

Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматриваются методы оптимизации рендеринга геометрии путём сокращения числа команд отправки на GPU. Проанализированы принципы instancing, позволяющего рендерить одну сетку многократно с различными трансформациями в одном вызове, и статического батчинга, объединяющего несколько объектов в единую сетку. Отдельное внимание уделено динамическому батчингу, использованию indirect rendering и современным подходам к масштабированию производительности при наличии множества объектов в сцене.

Ключевые слова: instancing, батчинг, GPU-команды, indirect rendering, оптимизация рендеринга, производительность.

Производительность рендеринга определяется не только сложностью шейдеров и числом пикселей, но и числом команд рисования, отправляемых CPU на GPU. Каждая команда (draw call) имеет накладные расходы на валидацию состояния, связь состояния материала и проверку видимости [1, с. 234]. В сцене с тысячами объектов, например, лесом с миллионами деревьев или городом с множеством зданий, отправка каждого объекта отдельной командой становится узким местом CPU [2]. **Instancing** и **батчинг** решают эту проблему, позволяя рендерить множество геометрически идентичных или подобных объектов одной или несколькими командами. Целью статьи является рассмотрение этих методов и их практического применения.

Instancing: рендеринг копий за одну команду

Instancing позволяет рендерить одну и ту же сетку геометрии множество раз за одну команду draw call, с различными трансформациями (позиция, масштаб, ориентация) для каждого экземпляра [3, с. 89]. Вместо отправки отдельной команды для каждого дерева в лесу, достаточно отправить одну команду с параметром, указывающим число экземпляров. GPU внутренне распределит экземпляры на потоки для параллельной обработки [4, с. 156].

Трансформации передаются в буфер экземпляров (instance buffer), где для каждого экземпляра хранится матрица трансформации 4×4 и другие параметры, различные между экземплярами [5]. В вершинном шейдере используется переменная gl_InstanceID (или аналог в других API), которая индексирует текущий экземпляр, позволяя получить его трансформацию из буфера. Instancing идеально подходит для объектов, различающихся только трансформацией, цветом или параметрами материала, но использующих одну и ту же геометрию.

Батчинг: объединение геометрии

Статический батчинг объединяет несколько сетей геометрии в единую большую сетку, часто во время препроцессинга или загрузки уровня [6, с. 123]. Это позволяет рендерить все объекты батча одной командой. Однако статический батчинг требует, чтобы объекты были неподвижны относительно друг друга, что ограничивает его применение к статической геометрии окружения (здания, ландшафт) [7].

Динамический батчинг применяется в реальном времени и позволяет комбинировать движущиеся объекты, однако имеет большой оверхед: необходимо проверить совместимость материалов и выполнить трансформацию вершин на CPU перед отправкой на GPU [8, с. 91]. Из-за этого динамический батчинг обычно используется только для небольших сеток и в случаях, когда число объектов достаточно велико, чтобы оправдать этот оверхед.

Indirect rendering и оптимизация на GPU

Indirect rendering позволяет GPU генерировать команды отправки самостоятельно, на основе данных в буферах на видеопамати [9, с. 145]. Это исключает необходимость передачи списка команд из CPU на GPU для каждого кадра, что

особенно полезно при динамическом числе видимых объектов. Compute-шейдер на GPU может анализировать видимость объектов (через frustum culling или задание другого метода), и записать только видимые объекты в буфер команд, который впоследствии выполняется GPU [10].

На практике комбинация instancing, статического батчинга для неподвижной геометрии и indirect rendering позволяет масштабировать число объектов в сцене до десятков и сотен тысяч без пропорционального роста числа команд отправки [11]. Сравнение методов представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение методов оптимизации рендеринга

Метод	Основное преимущество	Основное ограничение
Отдельные draw calls	Простота реализации	Высокий оверхед CPU
Instancing	Одна команда для множества копий	Требует одинаковую геометрию
Статический батчинг	Полная оптимизация для статики	Объекты должны быть неподвижны

Заключение

Instancing и батчинг остаются критическими инструментами оптимизации производительности в рендеринге сцен с множеством объектов. Выбор между ними зависит от характера объектов: instancing подходит для движущихся объектов, использующих одну геометрию с различными трансформациями, статический батчинг оптимален для неподвижной геометрии окружения. Indirect rendering добавляет интеллект на GPU, позволяя обрабатывать видимость и генерировать команды без участия CPU. Современные движки комбинируют все три подхода для достижения оптимального баланса между видимым качеством сцены и производительностью рендеринга.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — CRC Press, 2018. — 1200 с.
2. Gregory J. Game Engine Architecture. — 3rd ed. — CRC Press, 2018.
3. OpenGL Instancing Tutorial [Электронный ресурс] // Khronos Group. URL: <https://www.khronos.org> (дата обращения: 23.11.2025).
4. NVIDIA. GPU Instancing Best Practices [Электронный ресурс] // NVIDIA Developer. URL: <https://developer.nvidia.com> (дата обращения: 23.11.2025).
5. Microsoft. Direct3D 11 Instancing [Электронный ресурс] // Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com> (дата обращения: 23.11.2025).
6. Lander J. Frustum Culling // Game Developer Magazine. — 2000.
7. Mouton C. GPU Pro 2: Advanced Rendering Techniques. — A K Peters, 2011.
8. Harris M., Coombe G., Lastra A. Physically-Based Visual Simulation on GPU. — ACM SIGGRAPH Courses, 2005.
9. Andersson J. Parallel Graphics in Frostbite — Current and Future // ACM SIGGRAPH Courses. — 2009.
10. Karis B. High-Performance Batching with Indirect Rendering // ACM SIGGRAPH Courses, Advances in Real-Time Rendering. — 2015.
11. Hillebrand K., Manochehr B. Deferred Rendering using Compute Shaders // ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. — 2011.

Вода в реальном времени: симуляция поверхности
и взаимодействие с окружением

Белолипецкий Виталий Александрович, студент
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматриваются методы визуализации и симуляции воды в интерактивных приложениях реального времени. Проанализированы подходы к представлению поверхности воды, от простых процедурных волн до сеток высот (height maps), вычисляемых на GPU. Отдельное внимание уделено расчёту отражений и преломлений, взаимодействию волн с препятствиями и оптимизации производительности для больших водных поверхностей. Рассмотрены практические реализации в современных игровых движках.

Ключевые слова: вода, симуляция волн, отражение, преломление, height map, GPU-симуляция, рендеринг реального времени.

Вода — один из наиболее визуально сложных элементов интерактивных сцен. Её поверхность постоянно движется, отражает и преломляет свет, взаимодействует с окружением и объектами. Полная физическая симуляция поверхности воды требует решения уравнений волновой динамики, что вычислительно дорого [1, с. 267]. Практические приложения используют упрощённые подходы: процедурные волны, основанные на шумовых функциях, или GPU-симуляции волн на сетке высот [2]. Целью статьи является рассмотрение методов визуализации воды, её физического и визуального взаимодействия с окружением.

Представление поверхности воды

Простейший подход — **процедурные волны**, основанные на суперпозиции синусоидальных волн различных частот, амплитуд и направлений [3]. Для каждой точки поверхности вычисляется вертикальное смещение как сумма нескольких гармонических волн, что создаёт реалистичную рябь и волны без явной симуляции. Вычисление выполняется в вершинном шейдере, позволяя создавать волны любого размера.

Более гибкий подход — **height map** (карта высот), в которой хранятся высоты поверхности воды в узлах сетки [4, с. 283]. Height map можно вычислять через GPU-симуляцию волновых уравнений (FFT-основанные методы или решение уравнений мелкой воды) или обновлять на основе взаимодействия с объектами [5]. Нормали height map вычисляются в реальном времени через дифференцирование, что позволяет избежать хранения отдельных карт нормалей.

Отражения, преломления и взаимодействие

Вода является отражающей поверхностью, требующей расчёта отражения окружения. Простой подход — **отражение в реальном времени** через дополнительный проход рендеринга: сцена рендерится с отражённой камерой в текстуру, которая затем используется при рендеринге воды [6]. Для больших водных поверхностей (океаны) часто используется **планарное приближение**: отражение рассчитывается только для плоской части воды, что позволяет уменьшить стоимость.

Преломление света при прохождении через воду обычно реализуется путём смещения текстурных координат при выборке подводной сцены на основе нормалей поверхности воды [4, с. 290]. Для добавления взаимодействия воды с падающими объектами (брызги, волны от удара) используются **волновые буферы** (wave buffers): падение объекта записывается в область поверхности воды, создавая возмущение, которое распространяется через сетку волн [7].

Оптимизация и современные методы

Для больших открытых сцен с протяжёнными водными поверхностями полная симуляция волн всей поверхности вычислительно недопустима. Оптимизации включают: работу на пониженном разрешении сетки высот, асинхронное обновление (не все узлы обновляются каждый кадр), и применение LOD (level of detail) к отражениям [8]. Часто используется **проективная сетка** (projected grid): сетка воды строится в пространстве экрана, что обеспечивает равномерную детализацию для видимой части поверхности [9].

Сравнение методов представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение методов симуляции воды

Метод	Основное преимущество	Основное ограничение
Процедурные волны	Простота, любой размер поверхности	Нет взаимодействия с объектами
Height map (простая)	Простая интеграция взаимодействия	Ограниченное разрешение
FFT-симуляция волн	Физическая корректность волн	Высокая вычислительная стоимость

Заключение

Вода остаётся сложным для реализации элементом в рендеринге реального времени, требующим компромисса между визуальным качеством, физической корректностью и вычислительной производительностью. Процедурные волны остаются практичным решением для статичной воды, в то время как GPU-симуляции волн на основе height map позволяют добавлять динамическое взаимодействие. Комбинирование простых процедурных волн с отражениями

в реальном времени и преломлениями обеспечивает визуально убедительные результаты при приемлемой стоимости, что делает эту комбинацию стандартом в современных игровых движках.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — Boca Raton: A K Peters / CRC Press, 2018. — 1198 p. — ISBN 978-1-1386-2700-0.
2. Tessendorf J. Simulating Ocean Water // Simulating Nature: Realistic and Interactive Techniques. SIGGRAPH 2001 Course Notes No. 47. — New York: ACM, 2001. — 26 p. — URL: https://people.computing.clemson.edu/~jtessen/reports/papers_files/coursenotes2004.pdf
3. Fournier A., Reeves W. T. A simple model of ocean waves // Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH '86). — New York: ACM, 1986. — Vol. 20, No. 4. — P. 75–84. — DOI: 10.1145/15922.15894.
4. Kryachko Y. Using Vertex Texture Displacement for Realistic Water Rendering // GPU Gems 2 / ed. by M. Pharr. — Addison-Wesley, 2005. — Ch. 18. — P. 283–294. — URL: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems2/part-ii-shading-lighting-and-shadows/chapter-18-using-vertex-texture-displacement>
5. Tessendorf J. Interactive Water Surfaces // Game Programming Gems 4 / ed. by A. Kirmse. — Hingham: Charles River Media, 2004. — P. 265–274. — ISBN 978-1-58450-295-6.
6. Sousa T. Generic Refraction Simulation // GPU Gems 2 / ed. by M. Pharr. — Addison-Wesley, 2005. — Ch. 19. — P. 295–305. — URL: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems2/part-ii-shading-lighting-and-shadows/chapter-19-generic-refraction-simulation>
7. Bridson R. Fluid Simulation for Computer Graphics. — 2nd ed. — Boca Raton: A K Peters / CRC Press, 2015. — 280 p. — ISBN 978-1-4822-3283-7.
8. Mittring M. Finding next gen: CryEngine 2 // ACM SIGGRAPH 2007 Courses. — New York: ACM, 2007. — P. 97–121. — DOI: 10.1145/1281500.1281671.
9. Johanson C. Real-time Water Rendering: Introducing the Projected Grid Concept: Master Thesis. — Lund: Lund University, 2004. — 38 p. — URL: <https://fileadmin.cs.lth.se/graphics/theses/projects/projgrid/projgrid-lq.pdf>

Преобразование сообщений ISO 8583 в JSON-формат в области карточного процессинга на примере интеграции с СВА ТСІ

Жиленков Глеб Вадимович, студент

Научный руководитель: Романова Марина Викторовна, доцент

Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

В статье рассматривается подход к разработке отдельного СВА-модуля, который использует JSON как формат обмена сообщениями при сохранении бизнес-семантики карточного протокола, основанного на ISO 8583. Актуальность темы связана с необходимостью интеграции процессингового контура с современными банковскими сервисами, для которых JSON является более удобным форматом передачи и обработки данных. Описаны принципы построения JSON-модели, сопоставления полей, контроля обязательности данных, обработки ответов, безопасности и тестирования.

Ключевые слова: ISO 8583, JSON, СВА ТСІ, карточный процессинг, СВА-модуль, интеграция, платежные сообщения.

Карточный процессинг относится к числу наиболее критичных направлений банковских информационных технологий. Любая операция по банковской карте сопровождается обменом структурированными сообщениями между терминальным оборудованием, процессинговой системой, банковскими системами и другими участниками обработки. Для такого обмена традиционно применяются протоколы, основанные на ISO 8583, где данные представлены в виде типа сообщения, битовой карты и набора полей фиксированной или переменной длины.

В современных банковских системах все чаще используются сервисные архитектуры, очереди сообщений, API-шлюзы и микросервисы. Для таких решений JSON является более удобным форматом, поскольку он человекочитаем, хорошо поддерживается инструментами разработки и легко валидируется с помощью схем. Поэтому возникает задача не просто разобрать ISO 8583-сообщение, а представить его смысл в форме, пригодной для обмена между современными компонентами банковской инфраструктуры.

В рамках рассматриваемой работы предполагается разработка отдельного СВА-модуля для интеграции с СВА ТСІ. Особенность решения состоит в том, что модуль не должен передавать классическое ISO 8583-сообщение как набор

полей и bitmap. Вместо этого он должен формировать JSON-сообщение, в котором сохраняются назначение операции, обязательные реквизиты, идентификаторы транзакции, сумма, валюта, сведения о терминале и результат обработки.

Такой подход не означает отказа от логики исходного протокола. Напротив, при переходе к JSON необходимо сохранить бизнес-семантику сообщений: тип операции, направление обмена, состав обязательных данных, правила ответа и связь между запросом и ответом. Иначе JSON станет только произвольным транспортным объектом и потеряет совместимость с процессинговой логикой.

Основная сложность заключается в том, что ISO 8583 не является самоописательным форматом. Номер поля сам по себе не раскрывает его бизнес-смысл без профиля обмена. Например, код обработки, сумма операции, системный номер аудита, ссылочный номер и код ответа имеют определенное назначение и используются по правилам карточного процессинга. При проектировании JSON-модели эти значения должны получить понятные имена и однозначные типы данных.

Для СВА-модуля целесообразно строить JSON-сообщение вокруг нескольких логических блоков: protocol, transaction, card, terminal, account и result. В protocol фиксируются тип сообщения, версия представления и направление обмена. В transaction помещаются код операции, сумма, валюта и идентификаторы транзакции. В terminal указываются данные устройства или точки обслуживания. В result передаются признаки результата обработки и код ответа.

В классическом ISO 8583 наличие полей определяется битовой картой. В JSON такая карта обычно не нужна, поскольку наличие данных определяется самой структурой объекта. Однако обязательность полей должна сохраняться. Для этого используется схема сообщения, которая определяет, какие атрибуты обязательны для запроса, какие возвращаются в ответе, какие являются условными и какие не должны попадать в журналирование.

Рассмотрим условный пример авторизационного запроса. В классическом сообщении ISO 8583 он мог бы содержать тип сообщения, код обработки, сумму, валюту, системный номер аудита, ссылочный номер и данные терминала. В JSON-формате эти же данные могут быть представлены как объект с осмысленными атрибутами. Это делает сообщение более удобным для СВА-модуля и связанных с ним сервисов.

Таблица 1. Пример сопоставления элементов ISO 8583 с JSON-моделью

Элемент ISO 8583	JSON-атрибут	Назначение
MTI	protocol.messageType	Тип сообщения или бизнес-сценарий
DE3	processingCode	Код обработки операции
DE4	amount.minorUnits	Сумма в минорных единицах
DE7	transmissionDateTime	Дата и время передачи
DE11	stan	Системный номер аудита
DE37	rrn	Ссылочный номер операции
DE39	responseCode	Код результата обработки
DE41	terminalId	Идентификатор терминала

Пример JSON-сообщения для СВА-модуля может выглядеть таким образом:

```
{
  "protocol": {
    "name": "CBA_TCI",
    "format": "JSON",
    "messageType": "0100"
  },
  "transaction": {
    "type": "authorization",
    "processingCode": "000000",
    "amount": {
      "value": 1500,
      "currency": "643"
    },
    "stan": "123456", "rrn": "617012123456"
  },
  "terminal": {
    «id»: «TERM0001»
  }
}
```

В данном примере JSON не копирует физическую структуру протокола ISO 8583, но сохраняет смысл ключевых элементов сообщения. Наличие bitmap заменяется описанной JSON-схемой и правилами обязательности атрибутов.

При проектировании такой модели важно разделять транспортный формат и бизнес-семантику. Формат определяет способ представления данных, но не должен менять смысл операции. Если исходное сообщение является авторизационным запросом, JSON-объект также должен однозначно отражать, что это запрос на авторизацию транзакции. Если формируется ответ, он должен сохранять связь с исходным запросом через идентификаторы транзакции.

Отдельное внимание нужно уделить суммам и датам. В ISO 8583 сумма часто передается как числовая строка с ведущими нулями, а масштаб определяется контекстом валюты. В JSON не следует терять эту информацию. Практичным подходом является передача суммы в минорных единицах вместе с кодом валюты и, при необходимости, отображаемым значением.

Для обработки ответов в CBA-модуле необходимо предусмотреть единый объект результата. Он может содержать код ответа, текстовое описание, технический статус и признак успешности операции. Такой объект позволяет отделить бизнес-отказ, например недостаточность средств, от технических ошибок, например невозможности обработать сообщение или недоступности внешнего компонента.

Обработка ошибок также должна быть формализована. Если сообщение не соответствует ожидаемой JSON-схеме, авторизатор должен вернуть понятный технический отказ. Если отсутствует обязательный атрибут, ошибка должна указывать на конкретное поле. Если ошибка возникает на этапе бизнес-обработки, она должна отражаться в результате операции, а не смешиваться с ошибками формата.

Безопасность является обязательным требованием. JSON-сообщения легче логировать и анализировать, поэтому возрастает риск случайного попадания чувствительных карточных данных в журналы или тестовые среды. Полное числовое значение карты не должен сохраняться в обычных логах, вместо него следует использовать маску или токен. Также необходимо ограничивать доступ к диагностическим данным и контролировать состав сообщений, попадающих в мониторинг.

Тестирование CBA-модуля должно проверять не только синтаксис JSON, но и корректность сохранения процессинговой логики. Для каждого сценария следует подготовить исходные данные, ожидаемое JSON-сообщение, ожидаемый ответ и негативные случаи: отсутствие обязательных полей, неверный формат суммы, ошибочный код валюты, повторную отправку сообщения и техническую недоступность компонента.

Таким образом, преобразование сообщений ISO 8583 в JSON-формат следует рассматривать как проектирование нового представления для CBA-модуля, а не как простую замену одного текста другим. Правильно спроектированная JSON-модель позволяет сохранить процессинговую семантику, упростить интеграцию с современными сервисами и повысить удобство сопровождения системы.

Литература:

1. ISO 8583–1:2003. Financial transaction card originated messages — Interchange message specifications.
2. Bray T. The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format. RFC 8259, 2017.
3. PCI Security Standards Council. Payment Card Industry Data Security Standard: Requirements and Testing Procedures.

Сравнительный анализ методов двухфакторной аутентификации (2FA) в современных веб-сервисах

Зиновьева Альбина Александровна, студент
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

В статье автор провёл сравнительный анализ современных методов двухфакторной аутентификации для выявления оптимальных решений, балансирующих между требованиями кибербезопасности, экономической целесообразностью и удобством использования. Был применён метод многокритериального сравнительного анализа пяти основных методов 2FA по четырём интегральным критериям: безопасность, удобство использования, экономика внедрения и отказоустойчивость. Автор составил сравнительную матрицу оценки методов 2FA. Были сформулированы практические рекомендации для разработчиков, корпоративного сектора и массовых потребительских сервисов по поэтапному внедрению устойчивых к фишингу методов аутентификации.

Ключевые слова: двухфакторная аутентификация, веб-безопасность, фишинг, киберугроза, пароли.

В условиях глобальной цифровизации и внедрения бизнес-процессов в облачную среду, веб-сервисы стали основным средством взаимодействия между пользователями и информационными системами. Всем привычная однофакторная аутентификация на основе паролей давно доказала свою несостоятельность. В ответ на это двухфакторная аутентификация (2FA) превратилась из опциональной меры защиты в отраслевой стандарт и обязательное требование регуляторов.

Однако сам по себе факт наличия «второго фактора» не гарантирует безопасности. Современное разнообразие угроз характеризуется высокой изощрённостью атак: злоумышленники активно используют инструменты на базе искусственного интеллекта для создания фишинговых сайтов в реальном времени, применяют атаки на внимание пользователя, а также используют уязвимости протоколов мобильной связи. В этих условиях многие традиционные методы 2FA, такие как SMS-коды или простые Push-уведомления, стремительно теряют свою эффективность и официально рекомендуются к выводу из эксплуатации для высокопривилегированных аккаунтов [3].

Проблема исследования заключается в отсутствии универсального метода 2FA, который бы в равной степени обеспечивал максимальную защиту от современных атак, низкую стоимость внедрения и высокий уровень удобства для конечного пользователя.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа современных методов двухфакторной аутентификации, применяемых в веб-сервисах, для выявления оптимальных решений, балансирующих между требованиями кибербезопасности, экономической целесообразностью и удобством использования.

Исторически веб-аутентификация базировалась на однофакторной модели, использующей секретные знания — пароли. Как показывают исследования, данная модель достаточно уязвима из-за человеческих факторов, таких как: повторное использование паролей, выбор слабых комбинаций и подверженность социальной инженерии [4].

В ответ на это индустрия перешла к многофакторной аутентификации (MFA), требующей подтверждения как минимум двух из трех категорий: «знание» (пароль), «владение» (токен, телефон) и «биометрия» (отпечаток пальца, лицо). Однако классическая связка «пароль + SMS/TOTP» лишь усложняет процесс, но не устраняет корневую проблему — наличие перехватываемого секрета (пароля), который можно украсть или подделать.

Регулирование и техническая реализация методов 2FA опираются на ряд фундаментальных стандартов, эволюция которых отражает изменение ряда угроз.

Несмотря на широкую распространённость и отсутствие зависимости от каналов мобильной связи, TOTP-код уязвим к фишингу типа «Человек посередине». Злоумышленник,

создав прокси-страницу, может перехватить как пароль, так и сгенерированный TOTP-код в реальном времени.

Спецификации FIDO Alliance дают возможность веб-серверам запрашивать и проверять асимметричные ключи, которые привязаны к конкретному домену. Это делает фишинг технически невозможным [2]. Passkeys, или ключи доступа, обеспечивают кроссплатформенную синхронизацию учётных данных, решая проблему удобства использования.

Отмечается снижение уровня доверия к аутентификации через SMS и голосовые вызовы из-за уязвимостей и риска атак типа SIM-своппинг. Приоритетную сторону имеют криптографические методы с привязкой к устройству и домену [1].

Анализ современных исследований позволяет выделить несколько ключевых проблем внедрения и уязвимостей 2FA:

1. Ряд исследований подробно описывает атаки на внимание, при которых злоумышленник, имея пароль, инициирует десятки запросов на подтверждение входа. Психологическое давление приводит к тому, что пользователь случайно или намеренно подтверждает вход. Это доказывает, что наличие второго фактора в виде простого Push-уведомления без контекстной привязки не является гарантом надежной защиты.

2. Фиксируется резкий рост использования злоумышленниками автоматизированных наборов для фишинга, которые успешно обходят как SMS, так и TOTP. Это делает методы, не устойчивые к фишингу, неэффективными против целевых атак.

3. Сложность настройки и использования аппаратных токенов или управления Passkeys на новых устройствах остаётся ограничением для массового внедрения. Исследования показывают, что до 30 % пользователей сталкиваются с проблемами восстановления доступа при утере основного аутентификатора, что увеличивает нагрузку на службы поддержки.

На основе установленных критериев была составлена таблица 1, в которой использована качественная шкала: Высокий — оптимальное соответствие, Средний — приемлемо с оговорками, Низкий — наличие критических недостатков.

Проведённый анализ показывает, что компромисс между безопасностью и удобством использования, характерный для предыдущих десятилетий, преодолевается внедрением криптографических методов на основе открытых ключей.

SMS должен быть выведен из эксплуатации как основной метод из-за неустраняемых архитектурных уязвимостей.

TOTP остаётся приемлемым компромиссом для сервисов с ограниченным бюджетом, но не защищает от целевого фишинга.

Passkeys представляют собой оптимальное решение для большинства современных веб-сервисов, обеспечивая

Таблица 1. Сравнительная оценка методов двухфакторной аутентификации

Критерий оценки	SMS-коды	TOTP	Push-уведомления	Аппаратные токены	Passkeys
Устойчивость к фишингу	Низкий	Низкий	Средний	Высокий	Высокий
Защита от перехвата (SIM-swap)	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Удобство использования	Средний	Низкий	Высокий	Средний	Высокий
Экономика (затраты провайдера)	Низкий (дорого)	Высокий (дёшево)	Высокий (дёшево)	Средний (закупка)	Высокий (дёшево)
Отказоустойчивость	Средний	Средний	Средний	Низкий (риск утери)	Высокий (облачный бэкап)

высший уровень безопасности при минимальной когнитивной нагрузке на пользователя.

Аппаратные токены сохраняют статус «золотого стандарта» для защиты учетных записей с максимальным уровнем риска.

Результаты проведенного сравнительного анализа позволяют не только ранжировать методы двухфакторной аутентификации по формальным критериям, но и переосмыслить архитектурные подходы к защите веб-сервисов в условиях быстро меняющегося ландшафта киберугроз.

Литература:

1. Баланов А. Н. Защита информационных систем. Кибербезопасность: учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов; Баланов А. Н. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2026. — 280 с.

2. Булычёв Г. Г. Программно-аппаратные средства защиты информации. Ч. 2. Программно-аппаратные средства защиты информации. Часть 2 / Г. Г. Булычёв; Булычёв Г. Г. — Москва: РТУ МИРЭА, 2022. — 177 с.

3. Лобанова Н. М. Эффективность информационных технологий: учебник и практикум для вузов / Н. М. Лобанова, Н. Ф. Алтухова; Н. М. Лобанова, Н. Ф. Алтухова. — Москва: Юрайт, 2024. — 237 с. — (Высшее образование). — URL: <https://urait.ru/bcode/536253> (дата обращения: 04.06.2024).

4. Сулейманов М. Д. Цифровая грамотность: учебник / М. Д. Сулейманов, Н. С. Бардыго; М. Д. Сулейманов, Н. С. Бардыго. — Москва: Креативная экономика, 2019. — 324 с.: ил. — Библиогр.: с. 300–304.

Визуальные эффекты погоды: дождь, снег и лужи с помощью частиц и декалей

Квилюнас Иван Максимович, студент
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматриваются методы реализации визуальных эффектов погоды в реалтаймовом рендеринге: системы частиц для дождя и снега, а также техники воспроизведения влажных поверхностей и луж с применением декалей и процедурных шейдеров. Описаны принципы работы систем частиц, подходы к имитации следов капель на поверхностях, методы динамического накопления влаги и снега.

Ключевые слова: система частиц, декаль, погодные эффекты, дождь, снег, лужа, GPU-частицы, шейдер.

Weather visual effects: rain, snow, and puddles using particles and decals

The article discusses methods for implementing visual weather effects in real-time rendering: particle systems for rain and snow, as well as techniques for reproducing wet surfaces and puddles using decals and procedural shaders. The principles of particle systems, approaches to simulating raindrop traces on surfaces, and methods of dynamic moisture and snow accumulation are described.

Keywords: particle system, decal, weather effects, rain, snow, puddle, GPU particles, shader.

Введение

Динамические погодные условия являются одним из ключевых факторов атмосферы и погружения в открытых

игровых мирах. Дождь, снег и их следы на поверхностях создают ощущение живого, изменяющегося мира и несут важную нарративную функцию: тяжёлый ливень нагнетает напряжение, снегопад создаёт ощущение изоляции,

влажный асфальт меняет восприятие городского пространства. Реализация таких эффектов требует одновременного применения нескольких технологий: систем частиц для самих осадков, декалей и процедурных шейдеров для следов на поверхностях, а также динамических масок накопления [1, с. 2]. Цель данной статьи — последовательно изложить принципы работы каждой из этих технологий и оценить их применимость в условиях реалтаймового рендеринга.

1. Системы частиц для осадков

1.1. Принципы работы системы частиц

Система частиц — это генератор большого числа небольших объектов (частиц), каждый из которых имеет собственные параметры: позицию, скорость, время жизни, цвет и прозрачность. Частицы порождаются эмиттером, обновляются по законам физики на каждом кадре и уничтожаются по истечении времени жизни [2, с. 45]. Для осадков эмиттер, как правило, размещается над камерой и движется вместе с ней, чтобы осадки всегда заполняли видимую область сцены.

Современные движки — Unreal Engine 5 (Niagara) и Unity (VFX Graph) — обрабатывают частицы на GPU, что позволяет оперировать сотнями тысяч частиц при минимальной нагрузке на CPU. Каждая частица хранится в структурированном буфере; вычислительный шейдер (compute shader) обновляет позиции и параметры всех частиц параллельно за один проход [3].

1.2. Дождь

Капля дождя в реалтаймовой графике представляется вытянутым билбордом (billboard) — четырёхугольником, всегда ориентированным на камеру. Текстура капли содержит полупрозрачный вытянутый штрих; его длина масштабируется в зависимости от скорости частицы, имитируя эффект motion blur, наблюдаемый при фотографировании дождя с выдержкой [4, с. 3]. Ветер моделируется добавлением горизонтального ускорения к вектору скорости частицы.

Для повышения реализма применяется несколько слоёв дождя с разной плотностью и скоростью: ближние капли крупнее и быстрее, дальние — мельче и медленнее, что создаёт эффект пространственной глубины. Дополнительно в шейдере дождя используется маска видимости, исключая появление частиц внутри геометрии сцены путём сравнения с буфером глубины.

Литература:

1. Tatarchuk N. Artist-Directable Real-Time Rain Rendering in City Environments // GPU Pro. — CRC Press, 2010. — С. 1–24.
2. Reeves W. T. Particle Systems — A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects // ACM Transactions on Graphics. — 1983. — Vol. 2, № 2. — С. 91–108.

1.3. Снег

Снежинки моделируются сферическими билбордами меньшего размера с более низкой скоростью падения и выраженным случайным горизонтальным дрейфом, имитирующим порывы ветра. Ключевое отличие от дождя — взаимодействие с поверхностями: частицы снега не уничтожаются немедленно при столкновении с геометрией, а «оседают», инициируя накопление снежного слоя [1, с. 8]. Для обнаружения столкновения используется тест глубины: если позиция частицы по Z совпадает с буфером глубины с заданным допуском, частица считается приземлившейся и передаёт сигнал системе накопления.

1.4. Лужи с помощью декалей

Декаль в современных движках — это проекционный объём (как правило, ориентированная рамка), внутри которого поверхности сцены перекрашиваются по данным текстуры декали [6, с. 1]. Для луж декаль проецирует маску формы лужи на подлежащую геометрию и замещает параметры G-буфера: Roughness обнуляется, Normal Map заменяется картой ряби, Albedo добавляет тёмное тонирование. Декали луж расставляются художником вручную или процедурно — в низинах рельефа, определяемых по карте высот или спавняются системой погоды в точках с горизонтальными нормальными.

Рябь на поверхности лужи анимируется прокруткой нескольких слоёв нормальных карт с разными скоростями и направлениями, а также процедурной генерацией концентрических волн от падающих капель.

Заключение

Визуальные эффекты погоды в реалтаймовом рендеринге представляют собой комплексную задачу, решаемую на нескольких уровнях: от моделирования отдельных частиц осадков до глобальной модификации материальных параметров поверхностей. Системы GPU-частиц обеспечивают масштабируемую и визуально убедительную симуляцию дождя и снега; процедурные шейдеры влажности и декали луж воспроизводят вторичные эффекты взаимодействия осадков с поверхностями; render texture позволяет накапливать и сохранять состояние покрытия в реальном времени. Грамотное сочетание этих инструментов позволяет создавать погодные системы, не только визуально убедительные, но и достаточно производительные для работы на широком спектре целевых платформ.

1. Epic Games. Niagara Visual Effects [Электронный ресурс] // Unreal Engine Documentation. — URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/niagara-visual-effects-in-unreal-engine> (дата обращения: 03.06.2025).
2. Glatzel C. Rendering Rain // ShaderX5: Advanced Rendering Techniques. — Charles River Media, 2006. — С. 1–14.
3. de Vries J. PBR Theory [Электронный ресурс] // Learn OpenGL. — URL: <https://learnopengl.com/PBR/Theory> (дата обращения: 04.06.2025).
4. Unity Technologies. Decal Projector [Электронный ресурс] // Unity HDRP Docs. — URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@14.0/manual/Decal-Projector.html> (дата обращения: 05.06.2025).

Пространственный апскейлер: основы алгоритма FidelityFX Super Resolution (FSR 1.0)

Квилюнас Иван Максимович, студент
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматривается алгоритм FidelityFX Super Resolution 1.0 (FSR 1.0), разработанный компанией AMD как пространственный апскейлер для повышения разрешения изображения в реалтаймовом рендеринге. Описаны принципы работы двух составных частей алгоритма — фильтра повышения резкости EASU и усилителя контраста RCAS.

Ключевые слова: апскейлинг, FSR, FidelityFX, EASU, RCAS, суперсэмплинг, разрешение, GPU, постобработка.

Spatial upscaler: the basics of the FidelityFX Super Resolution (FSR 1.0) algorithm

The article discusses the FidelityFX Super Resolution 1.0 (FSR 1.0) algorithm developed by AMD as a spatial upscaler for real-time rendering image resolution enhancement. The operating principles of the two components of the algorithm — the EASU edge-adaptive upsampling filter and the RCAS robust contrast-adaptive sharpening pass — are described.

Keywords: upscaling, FSR, FidelityFX, EASU, RCAS, supersampling, resolution, GPU, post-processing.

Введение

Повышение производительности рендеринга без снижения воспринимаемого визуального качества является одной из центральных задач разработки реалтаймовой графики. Традиционный способ — снизить внутреннее разрешение рендеринга и масштабировать результат до разрешения дисплея — давно известен, однако наивное билинейное или бикубическое увеличение изображения неприемлемо размывает детали.

Технологии интеллектуального апскейлинга призваны восстанавливать высокочастотные детали изображения при подъёме разрешения [1, с. 1].

1. Архитектура FSR 1.0: два прохода

Алгоритм FSR 1.0 состоит из двух последовательных вычислительных проходов, выполняемых в фрагментном или вычислительном шейдере: прохода адаптивной выборки с учётом краёв EASU и прохода робастного контрастно-адаптивного повышения резкости RCAS [2]. Входом первого прохода служит кадр, отрендеренный

в пониженном разрешении; выходом второго — итоговое изображение в целевом разрешении дисплея.

2. Проход EASU: адаптивная выборка с учётом краёв

EASU (Edge Adaptive Spatial Upsampling) — основной проход FSR 1.0, отвечающий за повышение разрешения. Его задача состоит в том, чтобы при масштабировании сохранить чёткость краёв геометрии и не внести артефактов типа «лестницы» (aliasing) или избыточного размытия [2].

На первом этапе EASU анализирует локальное окрестность каждого выходного пикселя, считывая значения из сетки 4×4 входных пикселей. По горизонтальным и вертикальным градиентам яркости алгоритм определяет направление и силу края в данной точке. Для вычисления градиентов используются конечные разности между соседними пикселями по схеме, аналогичной оператору Собеля, однако адаптированной для работы с четырьмя выборками за один проход с помощью текстурной функции gather [3, с. 4].

На втором этапе, зная направление края, EASU формирует анизотропное ядро фильтра, вытянутое вдоль края.

Это позволяет интерполировать вдоль края (где изменений мало), но не поперёк него (где изменения резкие). В результате края остаются чёткими, а шум внутри однородных областей сглаживается. Весовые коэффициенты ядра вычисляются аналитически на основе расстояния от выходного пикселя до входных пикселей с учётом обнаруженного направления края [2].

Принципиальное отличие EASU от простой бикубической интерполяции состоит в адаптивности ядра: для каждого выходного пикселя ядро пересчитывается индивидуально в зависимости от локальной геометрии изображения. Это обеспечивает значительно более высокое визуальное качество при сопоставимой вычислительной стоимости.

3. Проход RCAS: робастное контрастно-адаптивное повышение резкости

RCAS (Robust Contrast Adaptive Sharpening) — второй проход FSR 1.0, применяемый к выходу EASU. Его задача — компенсировать остаточное размытие, неизбежно вносимое любым фильтром интерполяции, и дополнительно усилить воспринимаемую чёткость изображения [2].

RCAS является развитием алгоритма CAS (Contrast Adaptive Sharpening), также входящего в библиотеку FidelityFX. Алгоритм вычисляет для каждого пикселя ло-

кальный контраст как разность между значением центрального пикселя и минимальным/максимальным значением в окрестности из четырёх соседей по осям. На основе этого контраста вычисляется адаптивный вес повышения резкости: в однородных областях (низкий контраст) резкость усиливается сильнее, в областях с высоким контрастом (вблизи краёв) — слабее или вовсе не применяется [3, с. 7].

Заключение

FidelityFX Super Resolution 1.0 представляет собой эффективное и аппаратно-независимое решение задачи пространственного апскейлинга, основанное на двух детерминированных проходах: адаптивной интерполяции EASU с учётом направления краёв и контрастно-адаптивного повышения резкости RCAS. Открытость исходного кода и отсутствие зависимости от специализированных аппаратных блоков обеспечили технологии широкое распространение: по данным AMD, поддержка FSR реализована в более чем 300 играх. Понимание алгоритмических основ FSR 1.0 является важной частью компетенций разработчика в области оптимизации рендеринга, поскольку принципы адаптивной фильтрации краёв и контрастно-адаптивного повышения резкости применимы значительно шире данной конкретной технологии.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — CRC Press, 2018. — 1198 с.
2. AMD FidelityFX Super Resolution [Электронный ресурс] // GPUOpen. — URL: <https://gpuopen.com/fidelityfx-superresolution> (дата обращения: 07.06.2026).
3. Wronski B., Jimenez J. AMD FidelityFX Super Resolution [Электронный ресурс] // ACM SIGGRAPH 2021 Advances in Real-Time Rendering in Games. — URL: <https://advances.realtimerendering.com/s2021/Unity%20AMD%20FSR%20-%20SIGGRAPH%202021.pdf> (дата обращения: 07.06.2026).
4. Kuznetsov A. DLSS 2.0: Image Reconstruction for Real-Time Rendering with Deep Learning [Электронный ресурс] // NVIDIA Developer Blog. — 2020. — URL: <https://developer.nvidia.com/blog/nvidia-dlss-2-0-a-big-leap-in-ai-rendering> (дата обращения: 08.06.2026).
5. AMD FidelityFX CAS — Contrast Adaptive Sharpening [Электронный ресурс] // GPUOpen. — URL: <https://gpuopen.com/fidelityfx-cas> (дата обращения: 07.06.2026).
6. Epic Games. FidelityFX Super Resolution in Unreal Engine [Электронный ресурс] // Unreal Engine Documentation. — URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/amd-fidelityfx-super-resolution-in-unreal-engine> (дата обращения: 09.06.2026).

Постэффект глубины резкости (Depth of Field): физическая модель и реализация

Квилюнас Иван Максимович, студент

Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматривается пост-эффект глубины резкости (Depth of Field, DoF) — метод имитации оптического размытия объективной линзы в реалтаймовом рендеринге. Описана физическая модель тонкой линзы и понятие круга нерезкости (circle of confusion). Изложены основные алгоритмы реализации DoF: размытие по радиусу CoC и Bokeh.

Ключевые слова: *depth of field, глубина резкости, circle of confusion, bokeh, размытие, постобработка, рендеринг.*

Depth of Field Post-Effect: a physical model and implementation

The article discusses the Depth of Field (DoF) post-processing effect — a method for simulating optical lens blur in real-time rendering. The thin lens physical model and the concept of the circle of confusion are described. The main DoF implementation algorithms are presented: CoC radius blur and Bokeh DoF.

Keywords: depth of field, circle of confusion, bokeh, blur, post-processing, rendering.

Введение

Глубина резкости — зона пространства, в которой изображение воспринимается достаточно чётким, тогда как объекты за её пределами размыты. В кинематографии и фотографии управление глубиной резкости является важнейшим художественным инструментом: оно направляет взгляд зрителя на главный объект сцены и создаёт ощущение пространственного объёма [1, с. 532]. В реалтайм-графике DoF реализуется как пост-эффект, применяемый к уже отрендеренному кадру, что позволяет воспроизвести оптический эффект без трассировки лучей через виртуальный объектив. Цель статьи — изложить физические основы эффекта и описать основные алгоритмы его реализации в рендер пайплайне.

1. Физическая модель: тонкая линза и круг нерезкости

Теоретической основой DoF служит модель тонкой линзы. Согласно уравнению тонкой линзы, параллельные лучи, пришедшие от точечного источника на расстоянии d от линзы с фокусным расстоянием f , сходятся в одной точке на расстоянии d' за линзой: $1/f = 1/d + 1/d'$. Плоскость изображения (сенсор или экран-буфер) расположена на фиксированном расстоянии от линзы; она совпадает с плоскостью фокуса лишь для одного расстояния d_{focus} [2, с. 3].

Для объектов, находящихся вне плоскости фокуса, лучи не сходятся в точку на плоскости изображения, а образуют пятно — **круг нерезкости** (Circle of Confusion, CoC). Радиус CoC вычисляется по формуле: $\text{CoC} = |d - d_{\text{focus}}| / d \times A \times f / (d_{\text{focus}} - f)$, где A — диаметр апертуры линзы [2, с. 5]. Из формулы следует, что чем больше апертура и чем дальше объект от плоскости фокуса, тем крупнее пятно размытия. Именно радиус CoC, вычисленный для каждого пикселя по его глубине из буфера глубины, является центральной величиной во всех алгоритмах реализации DoF.

2. Алгоритмы реализации DoF в реальном времени

2.1. Размытие по радиусу CoC (Disc Blur)

Простейший подход: для каждого пикселя вычисляется радиус CoC по глубине из буфера, после чего применяется размытие изображения в пределах этого радиуса.

На практике используются дисковые ядра (disc kernel) — выборки, равномерно распределённые по кругу радиуса CoC. Число выборок обычно составляет 16–64; меньшее количество приводит к заметным паттернам. Для снижения стоимости ядро нередко аппроксимируется двумя последовательными размытиями по сепарируемому гауссовым ядрам [3, с. 6].

Метод дешёв и прост в реализации, однако страдает от фундаментального артефакта — просачивания (leakage): размытие объектов переднего плана «загрязняет» соседние чёткие пиксели фона. Проблема частично решается отдельной обработкой переднего и заднего планов с последующим компоузингом.

2.2. Bokeh DoF (рассеяние спрайтов)

Более физически корректный подход основан на рассеянии (scattering): каждый пиксель изображения рассматривается как точечный источник, который «размазывается» в пятно CoC на итоговом буфере. Пиксель вносит аддитивный вклад в круговую область вокруг своей экранной позиции. Метод корректно воспроизводит оптический боке, в том числе характерное «свечение» ярких точечных источников [4, с. 2].

Наивная реализация через запись каждого пикселя в круговую область имеет квадратичную сложность $O(N \times R^2)$, где N — число пикселей, а R — радиус CoC в пикселях. Для управляемой производительности метод применяется только к пикселям с CoC выше порогового значения; остальные обрабатываются дешёвым гауссовым размытием. Именно такая гибридная схема реализована в системе DoF движка Unreal Engine 5 (Cinematic DoF) [5].

Заключение

Пост-эффект глубины резкости является важным инструментом как художественной выразительности, так и перцептивного реализма в реалтайм-графике. Физическая модель тонкой линзы и производный от неё радиус круга нерезкости образуют единую теоретическую базу для всех алгоритмов реализации. Дисковое размытие по CoC обеспечивает минимальные затраты; рассеяние спрайтов боке воспроизводит оптический эффект с высокой точностью при умеренной нагрузке; метод накопительного буфера служит эталоном качества для офлайн-рендеринга. Интеграция DoF с системой временного

сглаживания позволяет значительно повысить качество эффекта без роста стоимости, что определяет направление развития реалтаймовых реализаций в современных игровых движках.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — CRC Press, 2018. — 1198 с.
2. Demers J. Depth of Field: A Survey of Techniques // GPU Gems / Под ред. R. Fernando. — Addison-Wesley, 2004. — Гл. 23. — С. 375–390.
3. de Vries J. Bloom [Электронный ресурс] // Learn OpenGL. — URL: <https://learnopengl.com/Advanced-Lighting/Bloom> (дата обращения: 01.06.2025).
4. Kokojima Y. et al. Resolution Independent Rendering of Deformable Vector Objects Using Graphics Hardware // ACM SIGGRAPH Sketches. — 2006.
5. Epic Games. Depth of Field [Электронный ресурс] // Unreal Engine Documentation. — URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/depth-of-field-in-unreal-engine> (дата обращения: 02.06.2025).
6. Unity Technologies. Depth of Field [Электронный ресурс] // Unity HDRP Docs. — URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@14.0/manual/Post-Processing-Depth-of-Field.html> (дата обращения: 02.06.2025).

Техника отражений в экранном пространстве (Screen Space Reflections)

Квилюнас Иван Максимович, студент

Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

В статье рассматривается техника отражений в экранном пространстве (Screen Space Reflections, SSR) — метод имитации зеркальных и глянцевых отражений в реалтаймовом рендеринге без трассировки лучей. Описаны принципы алгоритма трассировки луча отражения по буферу глубины, методы иерархической трассировки по Hi-Z и бинарного поиска. Изложены типичные артефакты SSR и способы их смягчения.

Ключевые слова: экранное пространство, SSR, отражения, трассировка луча, G-буфер, Hi-Z, BRDF, постобработка.

Screen Space Reflections

The article discusses the Screen Space Reflections (SSR) technique — a method for simulating specular and glossy reflections in real-time rendering without ray tracing. The principles of the reflection ray tracing algorithm along the depth buffer, hierarchical Hi-Z tracing, and binary search methods are described. Characteristic SSR artifacts and mitigation strategies are outlined.

Keywords: screen space, SSR, reflections, ray marching, G-buffer, Hi-Z, BRDF, post-processing.

Введение

Отражения являются одним из наиболее физически значимых визуальных явлений: они несут информацию об окружающей сцене, передают материальные свойства поверхностей и существенно влияют на восприятие освещения. Исторически отражения воспроизводились с помощью кубических карт окружения (cubemap), однако они статичны и не учитывают динамическую геометрию сцены [1, с. 478].

Техника Screen Space Reflections (SSR) была впервые применена в игре Killzone: Shadow Fall (2013) и быстро стала стандартным компонентом пайплайна отложенного рендеринга в AAA-проектах [2, с. 1]. SSR позволяет получать динамические зеркальные отражения видимой гео-

метрии, используя исключительно данные G-буфера текущего кадра, без дополнительных проходов рендеринга сцены. Цель данной статьи — систематически изложить алгоритмические основы SSR, его ограничения и место среди методов имитации отражений.

1. Принцип работы SSR

Алгоритм SSR относится к классу методов ray marching в экранном пространстве. Для каждого пикселя глянцевой или зеркальной поверхности выполняется следующая последовательность действий [3, с. 2].

Вычисление вектора отражения. Из G-буфера считываются нормаль поверхности N и глубина пикселя, по которой восстанавливается позиция точки в пространстве

вида. Вектор взгляда V отражается относительно нормали по формуле $R = 2(N \cdot V)N - V$, что даёт направление луча отражения.

Трассировка луча по буферу глубины. Луч R шагает в пространстве вида с фиксированным шагом, и на каждом шаге его позиция проецируется в экранное пространство. Реальная глубина сцены в этой точке читается из буфера глубины; если глубина луча превысила глубину из буфера — луч пересёкся с геометрией. Цвет пикселя в точке пересечения берётся как цвет отражения [3, с. 4].

Смешивание и применение BRDF. Найденный цвет отражения взвешивается по функции BRDF материала (Fresnel, шероховатость) и смешивается с диффузным освещением. Для матовых поверхностей отражение размывается свёрткой с ядром, масштабируемым по параметру Roughness.

2. Иерархическая трассировка Hi-Z

Основной недостаток линейной трассировки с фиксированным шагом — необходимость малого шага для точного обнаружения тонких объектов (труб, рёбер), что требует многих десятков итераций. Иерархическая трассировка по Hi-Z пирамиде (Hierarchical Z-buffer) позволяет ускорить алгоритм, используя предварительно вычисленные уровни мип-карты буфера глубины [4, с. 3].

Hi-Z пирамида строится аналогично MIP-карте текстуры, но вместо усреднения на каждом уровне берётся максимальная (наиболее удалённая) глубина из четырёх соседних пикселей нижнего уровня. Луч начинает трассировку на грубом уровне пирамиды с крупным шагом; если на данном уровне пересечение не обнаружено, луч делает большой шаг вперёд. При обнаружении возможного пересечения алгоритм спускается на более детальный уровень и уточняет точку пересечения. Такой подход сокращает

среднее число итераций с $O(N)$ до $O(\log N)$ и является предпочтительным для реализации SSR в производственных рендерах [4, с. 7].

3. Артефакты SSR и методы их смягчения

Исчезновение отражений у краёв экрана. Поскольку SSR использует только видимую геометрию, отражения объектов, выходящих за пределы кадра, отсутствуют. Для сокрытия резких обрывов применяется постепенное затухание отражений у границ экрана и вблизи краёв объектов [3, с. 9].

Отражения скрытой геометрии. Объекты, находящиеся за спиной камеры или перекрытые другой геометрией, не присутствуют в G-буфере и не могут быть отражены. Частичным решением является замена недостающих областей кубической картой окружения — гибридный подход, реализованный в Unreal Engine 5 [5].

Заключение

Screen Space Reflections представляет собой практический компромисс между физической точностью и производительностью в задаче имитации отражений. Алгоритм трассировки луча по буферу глубины с иерархическим ускорением через Hi-Z обеспечивает динамические зеркальные отражения при вычислительной стоимости, приемлемой для широкого круга платформ. Принципиальное ограничение метода — зависимость от видимой геометрии — делает SSR неотъемлемой частью гибридных систем отражений, сочетающих несколько подходов. Понимание алгоритмической основы SSR необходимо разработчикам рендеринга, поскольку метод активно используется в индустрии и лежит в основе более современных техник, таких как Stochastic SSR и Lumen.

Литература:

1. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. — 4th ed. — CRC Press, 2018. — 1198 с.
2. Sousa T. et al. CryENGINE 3: Three Years of Work in Review // ACM SIGGRAPH 2013 Courses. — New York: ACM, 2013. — С. 1–34.
3. de Vries J. Screen Space Reflections [Электронный ресурс] // LearnOpenGL. — URL: <https://learnopengl.com/Guest-Articles/2022/Screen-Space-Reflections> (дата обращения: 10.06.2025).
4. Uludag Y. Hi-Z Screen-Space Cone-Traced Reflections // GPU Pro 5 / Под ред. W. Engel. — CRC Press, 2014. — С. 149–191.
5. Epic Games. Lumen Reflections [Электронный ресурс] // Unreal Engine Documentation. — URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/lumen-global-illumination-and-reflections-in-unreal-engine> (дата обращения: 11.06.2025).
6. Unity Technologies. Screen Space Reflection [Электронный ресурс] // Unity HDRP Docs. — URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@14.0/manual/Override-Screen-Space-Reflection.html> (дата обращения: 11.06.2025).

Сравнительный анализ подходов к написанию SQL-запросов на основе стандарта качества программной продукции

Лузанова Екатерина Алексеевна, студент
Вологодский государственный университет

В статье предлагается методика оценки качества SQL-кода на основе четырех адаптированных характеристик стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015: производительности, удобству использования, сопровождаемости и переносимости. Представлены результаты сравнительного анализа классического и современного подходов к конструированию SQL-запросов, которые сопоставляются между собой для выявления наиболее эффективного в задачах разработки баз данных.

Ключевые слова: SQL-запросы, ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015, показатели качества программной продукции, оптимизация и рефакторинг кода, структурные подходы конструирования запросов.

Эффективность работы любого современного программного комплекса во многом зависит от того, насколько качественно организовано его взаимодействие с базами данных. Запросы на языке SQL составляют неотъемлемую и существенную часть общего исходного кода проекта: они напрямую влияют на скорость отклика интерфейса, стабильность серверной части и общую архитектурную чистоту системы. По этой причине к написанию SQL-кода применим тот же строгий инженерный подход, что и к оценке качества традиционного программного обеспечения.

Систематизировать этот процесс позволяет актуальный стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015 [1], устанавливающий единые правила для анализа программных продуктов. Полная структура нормативной модели со всеми базовыми характеристиками представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Модель качества программной продукции

Модель ориентирована на крупные программные системы, из-за чего её невозможно переложить на синтаксис отдельных поисковых запросов в чистом виде. Потому необходимо исключить несколько характеристик, показатели которых для декларативного кода остаются неизменными или зависят от внешней инфраструктуры:

1. Функциональная пригодность. Поскольку запросы изначально составляются разработчиком вручную под конкретные бизнес-требования, это обеспечивает стопроцентное выполнение функциональных задач.

2. Совместимость. Отдельный поисковый запрос функционирует изолированно в рамках конкретной пользовательской сессии СУБД, не вступает во взаимодействие с другими приложениями и не может нарушить их автономную работу.

3. Надёжность. Оператор SELECT выполняет исключительно чтение данных. Конструкции с ним детерминированы и сами по себе не способны повлиять на отказоустойчивость или скорость восстановления СУБД после сбоев.

4. Защищённость. В рамках данной работы рассматриваются статические конструкции, где отсутствуют механизмы динамической склейки строк. Вопросы разграничения прав доступа к таблицам и предотвращения инъекций решаются на уровне глобальной архитектуры базы данных, а не внутри самого текста запроса.

Таким образом, для детального изучения синтаксиса остаются четыре ключевые характеристики, которые сильнее всего подвержены влиянию выбранного стиля написания кода и которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. Адаптированная модель характеристик качества SQL-запросов

Характеристика	Критерий	Описание применения критерия
Уровень производительности	Вычислительная стоимость (cost) [2]	Расчетная величина, отражающая суммарные затраты ресурсов процессора и операций ввода-вывода при выполнении плана запроса
	Объем обрабатываемых данных (bytes)	Количество информации в байтах, выделяемое оптимизатором СУБД в оперативной памяти для обработки алгоритма. Высчитывается, как и cost, в плане выполнения запроса [3]
Удобство использования	Когнитивная сложность кода	Количество уникальных логических операторов, соединений, группировок и условий
Удобство сопровождения	Глубина вложенности	Максимальное количество уровней внутренних подзапросов, встроенных друг в друга
	Модульность конструкции	Степень разделения сложной задачи на независимые шаги
Переносимость	Соответствие стандарту ISO/IEC 9075 (ANSI SQL) [4]	Процентная доля использования универсальных синтаксических конструкций по отношению к общему числу операторов и функций

Для обеспечения объективности оценки по критериям модульность и переносимость будем использовать коэффициенты: K_{mod} и K_{ansi} .

Формула коэффициента модульности, в котором под блоком понимается любое использование оператора SELECT:

$$K_{mod} = \frac{N_{ind}}{N_{tot}},$$

где N_{tot} — общее число блоков выборки данных, а N_{ind} — количество независимых.

К независимым относятся те части запроса, которые могут быть выполнены СУБД изолированно, без обращения к переменным из внешнего контекста: например, обобщенные табличные выражения, некоррелированные подзапросы. Коррелированные подзапросы, встроенные в секции SELECT или WHERE и зависящие от внешнего цикла, снижают данный коэффициент. Чем ближе значение K_{mod} к единице, тем выше способность кода к безопасному рефакторингу и повторному использованию его частей.

Международный стандарт ISO/IEC 9075, в профессиональной среде исторически закрепившийся как ANSI SQL, устанавливает универсальный синтаксис, поддерживаемый большинством реляционных баз данных: стандартные соединения JOIN, оконные функции, операторы CASE. Проприетарные конструкции, такие как локальные функции обработки дат и пустых значений (NVL, SYSDATE в Oracle), делают код непереносимым на другие платформы (PostgreSQL или MS SQL).

Вычисление процента соответствия стандарту производится следующим образом:

$$K_{ansi} = \left(1 - \frac{S_{prop}}{S_{tot}}\right) \times 100 \%,$$

где S_{prop} — общее количество использованных ключевых слов, функций и операторов в запросе, а S_{tot} — количество уникальных проприетарных расширений, принадлежащих конкретной СУБД.

Стопроцентный результат означает идеальную переносимость, тогда как любое снижение показателя указывает на потенциальные финансовые и временные затраты при переносе программного проекта на другую архитектуру.

Оценку влияния синтаксиса на характеристики качества программного кода проводится на базе данных «Автовокзал» на платформе Oracle APEX, которая используется в дистанционном практикуме ВоГУ. Её модель, представленная на рисунке 2, включает в себя расценки за километр пути (km_prices), модели автобусов (models), автобусы (buses), населённые пункты (points), маршруты (routes) и рейсы (trips).

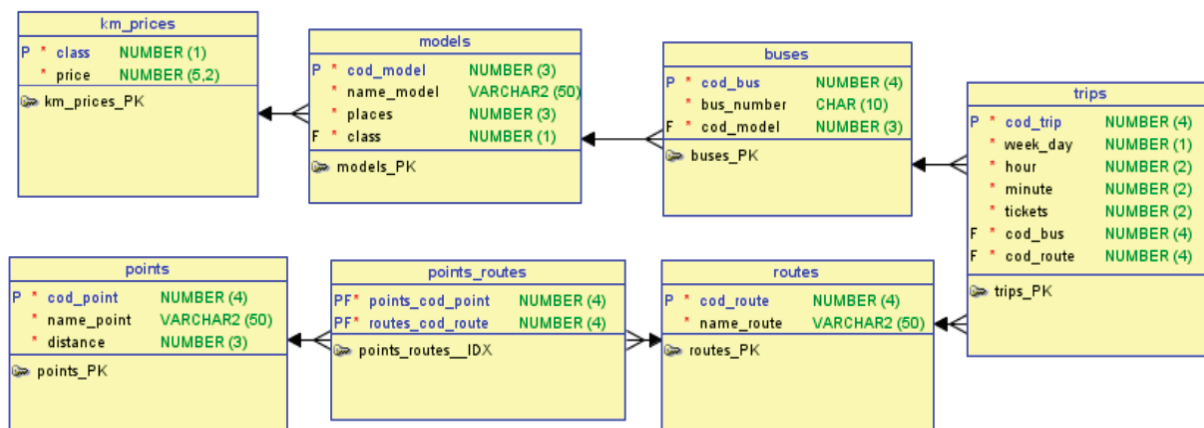


Рис. 2. Реляционная модель учебной базы данных «Автовокзал»

В ней объем информации превышает 5000 записей, что обеспечивает объективность тестирования: на заполненных таблицах оптимизатор СУБД тратит реальные вычислительные ресурсы, поэтому разница в производительности между оптимизированным и неэффективным кодом становится четкой и измеримой.

Чтобы в полной мере раскрыть потенциал различных подходов к написанию запросов, необходимо составить достаточно сложную практическую задачу, которая будет включать в себя группировки, математические вычисления и многоуровневую фильтрацию. В результате было сформировано следующее условие:

«Определить рейтинг прибыльности моделей автобусов по выходным дням (суббота и воскресенье). Прибыль рейса вычисляется как: количество проданных билетов × максимальная протяженность маршрута × цена за километр для класса данной модели. Вывести название модели, суммарную прибыль, средний процент заполняемости автобусов этой модели и присвоить ранг, где 1 — самая прибыльная. Исключить из отчета модели, у которых средняя заполняемость менее 50 %».

Для получения итогового отчета необходимо объединить все шесть таблиц, предварительно рассчитать промежуточные показатели и выстроить финальный рейтинг. Два способа реализации представлены на рисунке 3: с левой стороны изображен классический вариант выборки, а с правой — код, оптимизированный согласно актуальным стандартам языка.

```
SELECT ROWNUM AS rank,
stat.name_model,
stat.tot_rev,
ROUND(stat.avg_occup,2) AS avg_occup_round
FROM (
SELECT m.name_model,
SUM(NVL(t.tickets,0)*
(SELECT MAX(p.distance)
FROM points_routes pr JOIN points p ON pr.cod_point=p.cod_point
WHERE pr.cod_route=t.cod_route)
* kp.price) AS tot_rev,
AVG((NVL(t.tickets,0)/m.places)*100) AS avg_occup
FROM trips t JOIN buses b ON t.cod_bus=b.cod_bus
JOIN models m ON m.cod_model=b.cod_model
JOIN km_prices kp ON m.class=kp.class
WHERE t.week_day IN (6,7)
GROUP BY m.name_model
HAVING AVG((NVL(t.tickets,0)/m.places)*100) >= 50
ORDER BY tot_rev DESC) stat;
```

```
WITH route_distance AS(
SELECT pr.cod_route, MAX(p.distance) AS max_distance
FROM points_routes pr JOIN points p ON pr.cod_point=p.cod_point
GROUP BY pr.cod_route
),
model_stat AS(
SELECT m.name_model,
SUM(COALESCE(t.tickets,0)*rd.max_distance*kp.price) AS tot_rev,
AVG((COALESCE(t.tickets,0)/m.places)*100) AS avg_occup
FROM trips t JOIN buses b ON t.cod_bus=b.cod_bus
JOIN models m ON b.cod_model=m.cod_model
JOIN km_prices kp ON kp.class=m.class
JOIN route_distance rd ON t.cod_route=rd.cod_route
WHERE t.week_day IN (6,7)
GROUP BY m.name_model
HAVING AVG((COALESCE(t.tickets,0)/m.places)*100) >= 50
)
SELECT DENSE_RANK() OVER(ORDER BY tot_rev DESC) AS rank,
name_model, tot_rev,
ROUND(avg_occup, 2) AS avg_occup_round
FROM model_stat;
```

Рис. 3. Текст запросов

В классическом используется коррелированный подзапрос в секции вычислений, из-за чего сервер заново определяет максимальную дистанцию маршрута для каждой отдельной строки, удовлетворяющей условиям фильтрации. Возникающее при этом многократное сканирование связанных таблиц негативно сказывается на общей скорости выдачи результата.

Применение обобщенных табличных выражений, напротив, позволяет сформировать промежуточные показатели лишь один раз. Найденные дистанции сохраняются в оперативной памяти и в дальнейшем просто присоединяются

к основному набору данных, что полностью исключает избыточную нагрузку на дисковую подсистему и процессор. Кроме того, последовательное разделение сложной задачи на изолированные шаги значительно упрощает визуальное восприятие алгоритма, снижая вероятность ошибок при его дальнейшей модернизации.

Итоговые результаты количественной оценки по адаптированным критериям качества продемонстрированы в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительный анализ выполнения запросов

Характеристика	Критерий	Классический	Современный
Уровень производительности	Вычислительная стоимость	84	26
	Объём обрабатываемых данных	1 280	613
Удобство использования	Когнитивная сложность кода	8	9
Удобство сопровождения	Глубина вложенности	3	1
	Модульность конструкции	$\frac{2}{3} = 0,67$	$\frac{3}{3} = 1$
Переносимость	Соответствие ISO/IEC 9075 (ANSI SQL)	$\left(1 - \frac{2}{20}\right) = 90\%$	$\left(1 - \frac{0}{19}\right) = 100\%$

Оптимизированный в соответствии со стандартами запрос демонстрирует кратный прирост производительности: его вычислительная стоимость и объем потребляемой оперативной памяти существенно ниже показателей прямого метода. Современный синтаксис также выигрывает и по эксплуатационным характеристикам: благодаря плоской иерархии и высокому коэффициенту модульности такой код требует меньших когнитивных усилий для визуального восприятия и отладки. Вдобавок абсолютное соблюдение спецификаций ANSI SQL гарантирует надежную переносимость логики на любые реляционные СУБД.

В итоге можно сделать вывод, что оценка декларативного кода на основе ГОСТа Р ИСО/МЭК 25010–2015 выступает действенным инструментом повышения качества взаимодействия с базами данных. Эффективность выборки информации закладывается на уровне базовых синтаксических конструкций, что диктует необходимость тщательного продумывания архитектуры запросов до этапа их написания. Отказ от интуитивного наслаивания вложенных фильтров в пользу осознанного проектирования независимых структурных блоков решает сразу две ключевые задачи. Во-первых, обеспечивается высокая скорость выполнения операций за счет рационального распределения ресурсов оптимизатора. Во-вторых, формируется прозрачная, легко читаемая логика, кардинально снижающая временные затраты на дальнейшее сопровождение и модернизацию SQL-запросов.

Литература:

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015 Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuARE). Модели качества систем и программных продуктов. Дата введения: 29.05.2015 — Текст: электронный // Меганорм: [сайт]. — URL: <https://meganorm.ru/Data/600/60038.pdf> (дата обращения: 14.05.2026).
- Oracle SQL Cost Calculation — With Formulas. — Текст: электронный // inLinkedin: [сайт]. — URL: [https://www.linkedin.com/pulse/oracle-sql-cost-calculation-formulas-rajkumar-pathak-0fzwf#:~:text=When %20full %20system %20statistics %20are,Network %20Bytes %20 %C3 %97 %20Net %20Cost](https://www.linkedin.com/pulse/oracle-sql-cost-calculation-formulas-rajkumar-pathak-0fzwf#:~:text=When%20full%20system%20statistics%20are,Network%20Bytes%20%C3%97%20Net%20Cost)) (дата обращения: 19.05.2026).
- SQL Tuning Guide: Explaining and Displaying Execution Plans. — Текст: электронный // Oracle: [сайт] — URL: <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/19/tgsql/generating-and-displaying-execution-plans.html#GUID-E4ED3145-8ABD-4F40-B044-9AEFBD89409C> (дата обращения: 18.05.2026).
- ISO/IEC 9075–2:2023. Information technology — Database languages — SQL — Part 2: Foundation (SQL/Foundation). — Geneva: International Organization for Standardization, 2023. — 1715 p. — Текст: непосредственный.

Эволюция физического искусственного интеллекта и роботов-сотрудников: новый этап цифровизации производства

Мишекин Даниил Игоревич, студент

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматривается развитие физического ИИ и роботов-сотрудников как нового этапа цифровизации производства. Показано, что современные интеллектуальные робототехнические системы выходят за рамки традиционной автоматизации и объединяют восприятие, анализ среды, принятие решений и физическое действие. Особое внимание уделено человеко-роботному взаимодействию, изменениям в организации труда и ключевым ограничениям внедрения таких решений. Сделан вывод о том, что физический ИИ формирует основу гибкого и адаптивного производства, но его масштабное применение требует внимания к безопасности, переподготовке кадров и регламентации.

Ключевые слова: физический ИИ, робот-сотрудник, промышленная автоматизация, человеко-роботное взаимодействие, цифровизация производства.

Цифровизация промышленности постепенно переходит от программной автоматизации к интеллектуальному управлению физическими процессами. Если раньше основной акцент делался на датчиках, системах мониторинга и цифровых двойниках, то сегодня ключевым направлением становится физический ИИ — системы, способные воспринимать окружающую среду, интерпретировать данные и действовать в реальном пространстве. Такой сдвиг особенно важен для производства, где требуются гибкость, высокая скорость перенастройки и снижение зависимости от дефицитной рабочей силы.

Понятие робота-сотрудника отражает новую модель промышленной кооперации, в которой машина не изолирована от человека, а работает рядом с ним и дополняет его функции. В отличие от классического промышленного робота, робот-сотрудник должен не только точно выполнять операции, но и адаптироваться к изменяющимся условиям, распознавать объекты, учитывать действия оператора и безопасно взаимодействовать с ним. Это делает физический ИИ не просто очередным этапом автоматизации, а качественно новой технологической платформой.

Традиционная промышленная автоматизация строилась на заранее заданных алгоритмах и стабильных сценариях работы. Она хорошо справлялась с повторяющимися операциями, но была слабо приспособлена к изменениям среды и нестандартным ситуациям. Физический ИИ решает эту проблему за счет объединения компьютерного зрения, сенсорной обработки, обучения на данных и управления движением в единую систему.

Главное отличие заключается в том, что такая система работает не только с информацией, но и с материальными объектами. Робот должен корректно воспринимать положение деталей, состояние оборудования и действия человека поблизости. Поэтому ошибка здесь имеет не абстрактный, а физический характер, что повышает требования к надежности и безопасности [1].

Современные роботы-сотрудники используются в логистике, сборке, сортировке, упаковке и контроле качества. Они особенно эффективны там, где нужно сочетать высокую повторяемость операций с гибкостью производ-

ственного процесса. В рамках человеко-роботного взаимодействия человек берет на себя контроль, настройку и нестандартные решения, а робот — рутинные, точные или опасные действия [2,3].

Такой подход соответствует логике Industry 5.0, где технологии не вытесняют человека, а дополняют его возможности. В результате роботизация становится не только способом повышения производительности, но и инструментом улучшения условий труда. Это особенно важно для предприятий, которым нужно быстро переключаться между разными партиями продукции и сохранять качество при высокой вариативности задач [4].

Развитие физического ИИ стало возможным благодаря нескольким технологическим факторам. Во-первых, значительно улучшились системы компьютерного зрения и мультимодального восприятия, что позволило роботам лучше ориентироваться в производственной среде. Во-вторых, снизилась стоимость сенсоров, приводов и вычислительных модулей, сделав такие решения доступнее для промышленного внедрения. В-третьих, появились цифровые двойники, позволяющие тестировать поведение роботов до запуска на реальном объекте.

Еще одним фактором стало развитие моделей, которые связывают восприятие и действие. Такие системы не только распознают объекты, но и выбирают траектории движения, корректируют захват и адаптируются к неожиданным изменениям. Это делает физический ИИ основой нового поколения интеллектуальной робототехники.

Основное преимущество роботов-сотрудников состоит в повышении гибкости и устойчивости производства. Они помогают снижать простои, ускорять операции и компенсировать нехватку персонала. Кроме того, такие системы позволяют перераспределять труд: человек сосредотачивается на контроле, а робот — на повторяющихся действиях.

Однако внедрение физического ИИ связано с рядом ограничений. Во-первых, необходимы значительные инвестиции в оборудование, интеграцию и сопровождение. Во-вторых, требуются новые стандарты безопасности, поскольку робот работает рядом с человеком и должен

быть предсказуемым в любых условиях. В-третьих, меняется структура занятости: часть рутинных профессий сокращается, а спрос на специалистов по настройке, обслуживанию и программированию роботов возрастает. Это делает переподготовку кадров обязательным условием успешной цифровизации [5].

Физический ИИ и роботы-сотрудники представляют собой следующий этап цифровизации производства, при котором интеллектуальные системы начинают действовать не только в информационной, но и в физической среде. Их применение повышает гибкость, эффективность

и адаптивность промышленности, особенно в условиях дефицита кадров и роста требований к качеству. Вместе с тем масштабное внедрение таких технологий возможно только при соблюдении требований безопасности, разветвлении нормативной базы и подготовке персонала.

Таким образом, физический ИИ следует рассматривать не как замену человеку, а как основу новой модели совместного труда, в которой человек и робот образуют единую производственную систему. Именно эта модель определяет направление дальнейшей цифровой трансформации промышленности.

Литература:

1. Физический ИИ — будущее промышленной автоматизации // СТА.ru. 2026.
2. Физический ИИ меняет производство — вот как выглядит новая эра промышленных роботов // dtscience.ru. 2026.
3. Physical AI: Powering the New Age of Industrial Operations // World Economic Forum. 2025.
4. Human-robot collaboration in Industry 5.0: a human-centric AI-based approach // Frontiers in Robotics and AI. 2024.
5. Reviewing human-robot collaboration in manufacturing: Opportunities and challenges in the context of Industry 5.0 // ScienceDirect. 2024.

Платформы безопасности ИИ: как защищают интеллектуальные системы

Мишекин Даниил Игоревич, студент

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматривается новое направление кибербезопасности, связанное с защитой самих систем искусственного интеллекта, их моделей, инфраструктуры и данных обучения. Показано, что по мере распространения генеративных моделей, агентных систем и корпоративных ИИ-платформ выросла потребность в специализированных средствах защиты от prompt injection, model poisoning, утечек данных, кражи моделей и атак на цепочку поставки. Особое внимание уделяется тому, как AI Security-платформы помогают контролировать жизненный цикл модели: от подготовки датасетов и обучения до развертывания, мониторинга и реакции на инциденты.

Ключевые слова: ИИ-безопасность, AI Security, prompt injection, model poisoning, защита моделей, кибербезопасность.

Развитие искусственного интеллекта привело к появлению новой поверхности атаки. Если раньше объектом защиты были в основном сети, серверы и пользовательские приложения, то сегодня под угрозой находятся сами модели ИИ, обучающие данные, промпты, векторные базы и агентные сценарии. Это означает, что традиционных средств информационной безопасности уже недостаточно: они не всегда видят угрозы, возникающие внутри цикла обучения и инференса модели [1].

По мере того как организации внедряют генеративные модели в поддержку клиентов, аналитику, разработку и автоматизацию, возрастает ценность специализированных платформ, которые отслеживают поведение ИИ-систем и предотвращают атаки до того, как они приведут к утечке данных или искажению результата. Такие платформы обычно строятся вокруг мониторинга, фильтрации, политики доступа, оценки доверия к данным и runtime-защиты. В результате безопасность ИИ пре-

вращается в отдельный технологический слой, который должен сопровождать модель на всех этапах ее жизненного цикла.

Интеллектуальные системы отличаются от обычных программ тем, что их поведение формируется не только кодом, но и данными, на которых они обучены, а также контекстом запроса во время работы. Это создает специфические угрозы: злоумышленник может подменить данные, внедрить вредоносные инструкции в промпт, добиться утечки конфиденциальной информации или вынудить модель выдавать неверные ответы [2].

Особая проблема состоит в том, что атака на ИИ часто выглядит как обычный текстовый ввод, а не как традиционный вредоносный пакет или эксплойт. Поэтому классические решения, ориентированные на сетевой периметр или сигнатурное обнаружение, могут не распознать риск. Именно здесь появляются AI Security-платформы, которые анализируют взаимодействие с моделью, прове-

ряют контекст, выявляют аномалии и блокируют опасные действия.

Одной из самых обсуждаемых угроз является prompt injection. В этом случае атакующий помещает в текст инструкции, которые должны заставить модель игнорировать исходную задачу, раскрыть скрытые данные или выполнить нежелательное действие. Для агентных систем эта проблема особенно опасна, потому что модель может не только ответить текстом, но и вызвать инструмент, отправить запрос или изменить состояние системы [3].

Другой важный риск связан с model poisoning внедрением вредоносных или искаженных данных в обучающую выборку. Если такие данные попадут в training pipeline, модель может усвоить ложные зависимости, снизить точность или начать демонстрировать нежелательное поведение. Похожим образом работают атаки на supply chain, когда компрометируются сторонние датасеты, модели или библиотеки, используемые при разработке ИИ.

Дополнительные угрозы включают модельную кражу, утечки персональных данных, adversarial examples и злоупотребление системами генерации контента. Для корпоративных внедрений это означает необходимость защищать не только результат работы ИИ, но и все промежуточные данные, логи, embeddings и внешние подключаемые сервисы.

Современные AI Security-платформы обычно объединяют несколько уровней защиты. Первый уровень контроль данных: проверка датасетов, выявление аномалий, фильтрация вредоносных примеров и контроль качества источников. Второй уровень защита модели на этапе развертывания: мониторинг запросов, блокировка опасных промптов, выявление попыток извлечения внутренней информации и ограничение доступа к чувствительным функциям.

Третий уровень runtime-защита и наблюдаемость. Платформа отслеживает, как модель отвечает на запросы,

какие инструменты вызывает, какие источники использует и не выходит ли она за рамки допустимого поведения. Четвертый уровень управление и комплаенс: политика доступа, журналирование действий, отчеты об инцидентах и соответствие требованиям безопасности и регуляторов. Такой подход делает защиту ИИ непрерывной, а не разовой процедурой.

Для бизнеса AI Security-платформы важны, прежде всего, как инструмент снижения риска. Организация, внедряющая генеративные модели, должна быть уверена, что ИИ не раскроет коммерческую тайну, не даст опасный совет клиенту и не будет использоваться для атак через доверенный интерфейс. Кроме того, защита моделей помогает сохранять репутацию и предотвращать юридические последствия, связанные с утечками или ошибочными решениями [5].

Для государства и критической инфраструктуры значение еще выше. Если ИИ используется в управлении, медицине, промышленности или оборонных системах, любая ошибка или компрометация может привести к системному ущербу. Поэтому интерес к платформам безопасности ИИ растет не как к дополнительному модулю, а как к обязательному компоненту внедрения интеллектуальных систем.

Платформы безопасности ИИ отражают переход к новому этапу кибербезопасности, где защищать нужно не только инфраструктуру вокруг модели, но и саму модель, ее данные и контекст использования. Наиболее опасные угрозы prompt injection, model poisoning, кража модели и утечки данных требуют специализированных средств обнаружения, контроля и реагирования.

Можно утверждать, что AI Security становится самостоятельной отраслью, без которой массовое внедрение интеллектуальных систем невозможно. В ближайшие годы именно такие платформы будут определять, насколько безопасно и надежно ИИ сможет работать в корпоративной, государственной и критически важной среде.

Литература:

1. Физический ИИ — будущее промышленной автоматизации // СТА.ru. 2026.
2. Специалист рассказал о роли физического ИИ для российской промышленности // aif.ru. 2026.
3. Вперед в будущее, или Когда заводами будут управлять роботы // Habr. 2025.
4. I Security Threats: Prompt Injection & Model Poisoning // Cloud Security Alliance. 2025

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

The use of industrial robots in modern manufacturing

Alisherov Alikhan, master's student

Scientific advisor: Gusakova Natalia Leonidovna, candidate of psychological sciences, associate professor
Belgorod State National Research University

Industrial robots have become an essential part of modern manufacturing. They improve productivity, increase product quality, and reduce the amount of dangerous work performed by humans. Today, robotic systems are widely used in the automotive, electronics, food, and chemical industries. This article discusses the main advantages of industrial robots, their areas of application, and future trends in robotic manufacturing systems.

Keywords: industrial robots, automation, manufacturing, robotics, productivity, mechatronics.

1. Introduction

The development of modern industry is closely connected with automation and robotics. Companies are constantly searching for ways to improve production efficiency and reduce operating costs. One of the most effective solutions is the use of industrial robots.

Industrial robots are programmable machines capable of performing different operations automatically. They can work continuously with high precision and speed, which makes them an important element of Industry 4.0.

Today, many manufacturing companies use robots to increase productivity and improve the quality of their products. The use of robotic systems also helps to reduce the number of workplace accidents and minimize human errors.

2. Applications of Industrial Robots

Industrial robots are used in many different areas of manufacturing.

Welding Operations

Robotic welding systems are widely used in the automotive industry. Robots can perform thousands of identical welding operations with high precision and excellent repeatability.

Assembly Processes

Many factories use robots for assembling electronic devices and mechanical components. Robots can install small parts much faster and more accurately than human workers.

Material Handling

Industrial robots are often used to transport products and materials inside factories. Automated systems can move heavy objects and operate continuously without fatigue.

Painting and Coating

Painting operations may be dangerous because of toxic chemicals. Robotic painting systems improve safety and ensure uniform coating quality.

Packaging and Sorting

Modern production lines use robots to package products and sort items according to size, weight, or other characteristics.

3. Advantages of Industrial Robots

The use of industrial robots provides several important advantages.

First, robots significantly increase productivity because they can work twenty-four hours a day without breaks.

Second, robotic systems improve product quality by reducing human errors and ensuring high precision.

Third, automation reduces production costs in the long term because fewer manual operations are required.

Another advantage is improved workplace safety. Robots can perform dangerous tasks in environments with high temperatures, toxic substances, or heavy equipment.

Finally, industrial robots are flexible systems that can be reprogrammed for different tasks and production processes.

4. Types of Industrial Robots

There are several types of industrial robots used in modern manufacturing. Each type is designed for specific tasks and working conditions.

Articulated robots are the most common type of industrial robots. They have rotary joints and can perform complex movements similar to the movements of a human arm. These robots are widely used in welding, assembly, and material handling operations.

Cartesian robots move along three linear axes. They are characterized by high precision and are often used in CNC machines, 3D printers, and automated storage systems.

SCARA robots are designed for high-speed assembly operations. They are capable of performing repetitive tasks with excellent accuracy and are widely used in the electronics industry.

Delta robots are lightweight and extremely fast. They are mainly used in packaging and sorting systems where high speed is required.

Collaborative robots, or cobots, are a relatively new type of industrial robot. They are designed to work safely together with humans without protective barriers. Cobots are becoming increasingly popular because they are easy to program and can quickly adapt to new production tasks.

The diversity of industrial robots allows manufacturers to select the most appropriate robotic system according to their technological requirements and production conditions.

5. Challenges in the Implementation of Industrial Robots

Despite numerous advantages, the implementation of industrial robots is associated with several challenges.

The first challenge is the high initial cost of robotic systems. Purchasing equipment, installing sensors, and integrating robots into existing production lines require significant investments.

Another problem is the need for highly qualified personnel. Modern robotic systems require engineers and technicians who can program, maintain, and repair complex equipment.

Cybersecurity is also becoming an important issue. Since modern robots are connected to industrial networks and the Internet of Things, they may become targets of cyberattacks. Therefore, manufacturers must pay special attention to information security.

Another challenge is the possible reduction of traditional jobs. The introduction of automation changes the labor market and requires employees to develop new professional skills.

Finally, the integration of robots into existing manufacturing processes may be technically difficult and time-consuming, especially for small and medium-sized enterprises.

However, despite these challenges, the long-term benefits of industrial robotics significantly outweigh the disadvantages, and the number of automated production facilities continues to grow every year.

6. Future Development of Industrial Robotics

The future of industrial robotics is connected with artificial intelligence and machine learning technologies. Modern robots are becoming more intelligent and capable of making simple decisions independently.

Collaborative robots, also known as cobots, are becoming increasingly popular. Unlike traditional industrial robots, cobots can work together with humans in the same workspace.

Another important trend is the integration of robots with the Internet of Things (IoT). Smart factories use sensors and communication technologies to monitor and control production processes in real time.

Experts believe that industrial robotics will continue to grow rapidly and become one of the key technologies of modern manufacturing.

7. Conclusion

Industrial robots play an important role in modern manufacturing systems. They improve productivity, increase product quality, and create safer working conditions. The development of artificial intelligence and digital technologies will further expand the capabilities of robotic systems. Therefore, industrial robotics will remain one of the most important directions in the development of modern industry.

References:

1. Groover M. P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Pearson Education, 2020.
2. Siciliano B., Khatib O. Springer Handbook of Robotics. Springer, 2016.
3. Craig J. J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.
4. Nof S. Y. Handbook of Industrial Robotics. Wiley, 2019.

Повышение надёжности систем гарантированного электропитания технических комплексов

Дудик Дмитрий Борисович, начальник лаборатории (г. Мирный, Архангельская область)

Повышение надёжности систем гарантированного электропитания (СГЭП) для важных объектов требует комплексного подхода, включающего резервирование источников питания, использование современных технологий, оптимизацию режимов работы сети, мониторинг и обслуживание, а также учёт специфических требований объекта.

Резервирование источников питания

Ключевой метод повышения надёжности — установка резервных источников питания (РИП). К ним относятся дизель-генераторные установки (ДГУ), газовые турбины, солнечные панели и аккумуляторы.

ДГУ обычно используются для длительного резервирования: они автоматически запускаются при длительных отключениях основной сети и могут обеспечивать объект энергией в течение неопределённого времени при наличии топлива.

Для повышения отказоустойчивости применяют схему с двумя независимыми вводами питания (по постоянному и переменному току), что удваивает надёжность системы. Также используется устройство автоматического включения резерва (АВР), которое переключает нагрузку

между основным и резервным источниками питания, минимизируя время простоя.

Использование современных технологий

Модульные ИБП. Позволяют проводить «горячую» замену модулей, обеспечивают постоянный мониторинг состояния аккумуляторных батарей (АКБ) и не имеют единой точки отказа. Это повышает общую надёжность системы.

Системы контроля и управления аккумуляторами (BMS). Измеряют напряжение, температуру, внутреннее сопротивление батарей, выполняют балансировку АКБ и защищают их от перезаряда/недозаряда. Это продлевает срок службы аккумуляторов и предотвращает аварийные ситуации.

Инверторные стабилизаторы напряжения. Корректируют выходной сигнал, доводя его до приемлемого значения для нагрузки. Инверторные модели способны мгновенно срабатывать на значительные сетевые колебания, обеспечивать вольтаж с минимальным отклонением и чистым синусом.

Технологии двойного преобразования в ИБП (онлайн-ИБП). Обеспечивают постоянное преобразование

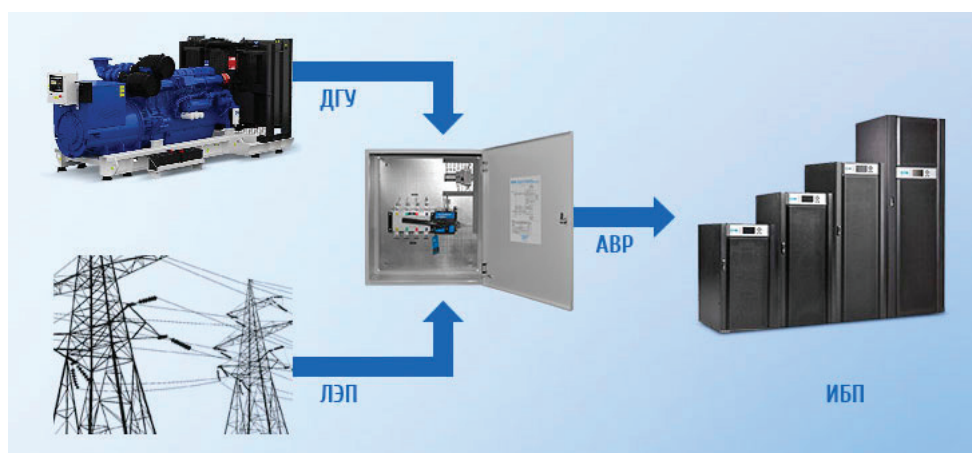


Рис. 1. Общая схема СГЭП с ДГУ



Рис. 2. СГЭП в контейнерном исполнении с ДГУ



Рис. 3. Пример сменяемого модуля агрегата бесперебойного питания

энергии, что даёт наилучшую защиту от перепадов напряжения и сбоев в сети.

Оптимизация режимов работы электросетей

Включает оптимизацию нагрузки, выбор оптимальных кабелей и проводов, а также использование современных технологий для мониторинга и управления электросетями. Например, системы автоматического управления с датчиками и программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) отслеживают состояние сети и корректируют параметры.

Динамические системы компенсации реактивной мощности помогают моментально реагировать на изменения в нагрузке, что особенно эффективно в сетях с возобновляемыми источниками энергии.

Мониторинг и диагностика

Внедрение систем мониторинга и диагностики позволяет отслеживать состояние оборудования и выявлять

проблемы на ранней стадии. Автоматизированные датчики сигнализируют об аномалиях, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные проблемы.

Удаленный контроль работы системы (включая ДГУ и ИБП) повышает оперативность управления и снижает время на выявление неисправностей. Программное обеспечение может учитывать такие параметры, как утомление оборудования или изменения в потреблении, что минимизирует риски сбоев.

Регулярное техническое обслуживание

Систематические проверки состояния проводки, оборудования, замеры сопротивления изоляции и температуры проводников помогают заранее выявить проблемы. Важно соблюдать правила эксплуатации электроустановок, включая регулярное обслуживание электрооборудования, проверку кабелей и проводов на предмет повреждений.

Для АКБ важна многоуровневая защита, включающая контакторы защиты от глубокого разряда (LVBD) и пре-

дохранители с плавкими вставками. Это предотвращает разрушение батарей при критическом падении напряжения и защищает систему от аварийных токов.

Обучение персонала

Квалифицированный персонал, обученный правилам эксплуатации оборудования, методам предотвращения аварийных ситуаций и способам быстрого реагирования на них, играет важную роль в повышении надёжности электроснабжения. Рекомендуется участие в специализированных курсах и семинарах, а также сертификация.

Дополнительные меры

Правильное распределение нагрузки. Использование систем автоматического балансирования нагрузки между источниками питания помогает избежать перегрузок и увеличивает время безотказной работы.

Защита от перегрузок и коротких замыканий. Применение автоматических выключателей, плавких предохранителей, устройств защиты от перенапряжений (стабилизаторов и фильтров).

Обеспечение надлежащей вентиляции. Перегрев может привести к сбоям в работе и сокращению срока службы оборудования.

Использование возобновляемых источников энергии. Интеграция солнечных панелей и ветровых генераторов в систему резервного питания может снизить зависимость от традиционных источников.

Требования к системе гарантированного электропитания

При проектировании СГЭ важно учитывать следующие требования:

1. стабильное и бесперебойное электропитание всех подключённых потребителей;
2. максимальная защита от перепадов напряжения;
3. высокая точность параметров выходного тока в соответствии с ГОСТ и другими стандартами;
4. высокая степень автоматизации работы, включая оперативное реагирование на сбой и автоматический перевод потребителей на защищённую сеть.

Выбор конкретных решений зависит от специфики объекта, требований к времени автономной работы, бюджета и других факторов. Для критически важных объектов (медицинские учреждения, промышленные предприятия) часто применяют комбинированные схемы с несколькими уровнями резервирования и контроля.

СГЭП технических комплексов

В ряде случаев необходимо запитывать оборудование особой группы, где пропадание питания не допустимо даже на сотые доли секунды. Другими словами, при пропадании внешнего электропитания (например обрыва ЛЭП) система гарантированного электропитания должна мгновенно переключить питание от аккумуляторных батарей и в это время начать автоматический запуск ДГУ. В дальнейшем питание производится от генератора ДГУ, а также возобновляется подзарядка аккумуляторных батарей.

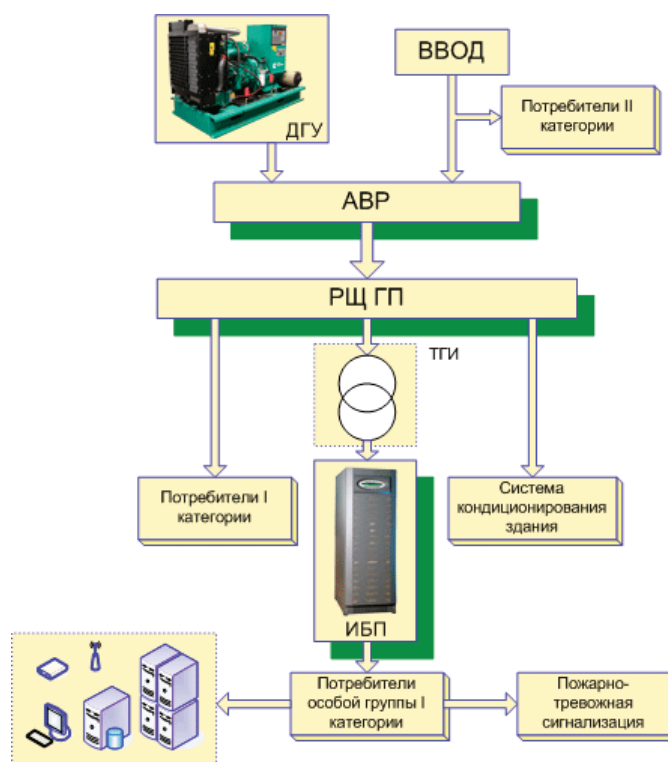


Рис. 4. Схема СГЭП различных потребителей

Литература:

1. <https://base.garant.ru>
2. <https://ekra.ru>
3. <https://ups-info.ru>

Исследование влияния гидродинамических и режимных параметров на экономические показатели работы установки Клауса с учетом факторов коррозии

Сурков Валерий Дмитриевич, студент;

Сафиуллин Андрей Шакирович, студент;

Федоров Кирилл Александрович, студент;

Ханин Виктор Петрович, кандидат технических наук, доцент
Оренбургский государственный университет имени В. А. Бондаренко

В работе проведено комплексное исследование взаимосвязи между гидродинамическими условиями и режимными параметрами работы установки Клауса и её экономической эффективностью, опосредованной процессами коррозии оборудования. Проанализировано влияние скорости газового потока, температурного профиля (в зонах сгорания, котла-утилизатора и реакторов), соотношения H_2S/SO_2 и нагрузки по кислому газу на интенсивность коррозионных процессов, таких как образование серной росы и полисульфидов. Установлено, что неоптимальные параметры ведут к значительному росту эксплуатационных расходов и капитальных затрат, включая затраты на ремонты, замену оборудования и потери от простоев. Разработана интегральная экономико-математическая модель, целевой функцией которой является минимизация совокупных годовых затрат (Total Annual Cost, TAC). Модель позволяет количественно оценить экономический эффект от оптимизации технологических параметров и применения коррозионно-стойких материалов. На примере котла-утилизатора показано, что инвестиции в материалы с повышенной стойкостью (например, нержавеющая сталь AISI 316) при первоначальном удорожании капитальных затрат на 1.7 млн у. е. обеспечивают снижение эксплуатационных расходов на ремонт с 240 до 15 тыс. у.е. в год и имеют срок окупаемости около 2.55 года. Результаты подтверждают, что управление процессом с учётом коррозионного фактора как ключевой экономической переменной является необходимым условием максимизации экономической эффективности установки Клауса на протяжении всего жизненного цикла.

Ключевые слова: установка Клауса, гидродинамика, режимные параметры, экономические показатели, капитальные затраты (CapEx), эксплуатационные расходы (OpEx), коррозия, серная роса, оптимизация, экономико-математическая модель.

Введение

Процесс Клауса — основной промышленный метод утилизации сероводорода и получения товарной серы [1, 2]. Его экономическая эффективность традиционно оценивается через степень конверсии и производительность. Однако, как показывают данные, значительную долю в совокупных затратах составляют издержки, связанные с коррозионным износом оборудования [3, 4]. Коррозия в установках Клауса носит специфический характер, определяясь агрессивностью технологических сред (пары серной кислоты, полисульфиды, конденсированная сера) и напрямую завися от гидродинамических условий и соблюдения оптимальных технологических режимов [4, 5]. Такие явления, как конденсация «серной росы» при локальном переохлаждении или образование полисульфидов в реакторах, интенсифицируются при отклонении контролируемых параметров от расчётных значений. Это приводит не только к прямым затратам на ремонт и замену аппаратуры, но и к существенным косвенным убыткам, обусловленным внеплановыми простоями и снижением выхода целевого продукта. Таким образом, возникает задача комплексного учёта коррозионного фактора при оценке и оптимизации экономических показателей работы установки.

Цель работы: установление количественных зависимостей между гидродинамическими и режимными параметрами установки Клауса, скоростью коррозионного износа оборудования и результирующими экономическими показателями, а также разработка модели для оптимизации этих параметров с целью минимизации совокупных затрат.

1. Анализ влияния ключевых параметров на коррозию и сопутствующие экономические издержки

Скорость газового потока. Превышение оптимального диапазона (4–6 м/с) вызывает эрозионно-коррозионное разрушение защитных слоёв на металле, что увеличивает частоту замены участков трубопроводов и энергозатраты на транспортировку потока [4, 6].

Температурный режим.

В печи сгорания: температура ниже 850–1000 °C приводит к неполному окислению, образованию сажи и коррозионно-активных соединений (COS , CS_2), снижающих общую конверсию и ускоряющих износ [1, 2].

В котле-утилизаторе: наиболее экономически значимый фактор — конденсация паров серной кислоты («серная роса») при охлаждении поверхностей ниже температуры точки росы, вызывающая интенсивную коррозию дорогостоящего теплообменного оборудования [3, 4].

В реакторах-конденсаторах: Конденсация жидкой серы способствует образованию высокоагрессивных полисульфидов (H_2S_x), ускоряющих коррозию [3, 5].

Соотношение $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$. Отклонение от стехиометрического соотношения 2:1 не только снижает конверсию серы [2], но и меняет коррозионную обстановку: избыток SO_2 способствует образованию серной кислоты, а избыток H_2S — полисульфидов [3, 4].

Нагрузка по кислому газу. Работа с нагрузкой ниже проектной нарушает тепловой баланс, затрудняет поддержание стабильных температур в аппаратах и повышает риски локальной конденсации коррозионных агентов [2, 4].

2. Детальная экономическая оценка влияния коррозии на показатели работы установки Клауса

Экономические последствия коррозии в процессе Клауса носят комплексный характер и требуют детального структурирования для проведения точного анализа и обоснования управленческих решений. В рамках данного исследования предложена методология оценки, разделяющая все затраты на прямые и косвенные, а также капитальные и операционные.

Методология экономического моделирования

Модель строится на принципе учёта совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO) за расчётный период (чаще всего 15–20 лет). Коррозия рассматривается как ключевой драйвер, увеличивающий как первоначальные инвестиции (для её сдерживания), так и последующие эксплуатационные расходы (в случае её проявления).

Детализация капитальных затрат (Capital Expenditures, CapEx), обусловленных коррозией

CapEx в контексте борьбы с коррозией включают не просто удорожание оборудования, а инвестиции в комплекс технических решений:

Затраты на материалы: Основная статья. Стоимость аппарата из коррозионно-стойкого сплава (например, дуплексной или аустенитной нержавеющей стали, сплавов на основе никеля) может в 3–8 раз превышать стоимость аналогичного аппарата из углеродистой стали. Формула расчёта:

$$C_{\text{матер}} = C_{\text{угл}} * (K_{\text{стоим мат}} + K_{\text{стоим сварка}} + K_{\text{стоим обработка}}),$$

где: $C_{\text{угл}}$ — базовая стоимость из углеродистой стали.

$K_{\text{стоим мат}}$ — коэффициент, учитывающий разницу в стоимости металла.

$K_{\text{стоим сварка}}$, $K_{\text{стоим обработка}}$ — коэффициенты, учитывающие повышенную сложность и стоимость сварочных работ и механической обработки для высоколегированных сталей.

Затраты на конструктивные решения: Включают стоимость увеличения толщины стенки (коррозионная добавка), применения футеровки (кислотоупорной керамики, полимерных покрытий), установки более стойких насадок в реакторах или трубных пучков в теплообменниках.

Затраты на системы мониторинга и защиты: Установка датчиков коррозии (коррозионные зонды), ингибиторных систем, катодной защиты также относится к капитальным вложениям.

Детализация операционных затрат (Operating Expenditures, OpEx), связанных с коррозией

OpEx, индуцированные коррозией, носят регулярный или периодический характер и подразделяются на несколько статей:

Планово-предупредительные ремонты (ППР): Затраты на регулярные инспекции, диагностику (визуальный контроль, ультразвуковая толщинометрия), очистку аппаратов от отложений серы и полисульфидов для предотвращения подстенной коррозии.

Аварийно-восстановительные ремонты: наиболее затратная статья. Включает:

- Стоимость замены вышедших из строя узлов (трубные пучки, камеры сгорания, секции реактора).
- Стоимость материалов и работ по сварке.
- Транспортные и логистические издержки.
- Формула для оценки:

$$C_{\text{авар ремонт}} = C_{\text{деталь}} + C_{\text{работа}} + C_{\text{останов}} * t_{\text{ремонт}},$$

где $C_{\text{останов}}$ — стоимость простоя в единицу времени.

Затраты, связанные с изменением режима: для снижения коррозии часто приходится работать в неоптимальном с точки зрения конверсии, но более «щадящем» режиме (например, при повышенной температуре в котле-утилизаторе для избегания точки росы серной кислоты). Это ведёт к:

Потерям сырья: Недополучение серы из-за снижения конверсии.

$$Y_{\text{конв}} = (\eta_{\text{опт}} - \eta_{\text{факт}}) * G_{\text{H2S_год}} * \Pi_{\text{сера}},$$

где $G_{\text{H2S_год}}$ — годовая загрузка по H_2S ,

$\Pi_{\text{сера}}$ — цена товарной серы.

Росту энергозатрат: Поддержание более высоких температур требует дополнительного расхода топливного газа или энергии.

Затраты на химические реагенты: Использование ингибиторов коррозии или добавок, модифицирующих точку росы серной кислоты.

Экологические и штрафные издержки: В случае аварийных выбросов из-за коррозионных повреждений могут налагаться существенные штрафы.

Интегральная экономическая оценка и оптимизация

Для сопоставления различных сценариев (например, использование углеродистой стали с частыми ремонтами vs. нержавеющей стали с повышенным CapEx) применяются методы инвестиционного анализа.

Расчёт чистого приведённого дохода (Net Present Value, NPV):

$$NPV = \frac{-\sum CapEx_t}{(1+r)^t} + \frac{\sum \Delta OpEx_{\text{избежанные}} + \Delta OpEx_{\text{доход дополнительный}}}{(1+r)^t}$$

r — ставка дисконтирования, отражающая стоимость капитала.

$\Delta OpEx_{\text{избежанные}}$ — разница в операционных затратах между базовым и инвестиционным сценарием (экономия на ремонтах и простоях).

$\Delta OpEx_{\text{доход дополнительный}}$ — дополнительный доход за счёт повышения конверсии и сокращения потерь.

Положительное NPV свидетельствует об экономической целесообразности инвестиций в коррозионную защиту.

Определение срока окупаемости (Payback Period, PP): Дисконтированный срок окупаемости (DPP) более точно отражает возврат инвестиций, учитывая временную стоимость денег:

$$DPP = \min n, \text{ при котором } \sum (CF_t / (1+r)^t) \geq \sum (CapEx_t / (1+r)^t)$$

где CF_t — чистый денежный поток в году t .

Анализ чувствительности (Sensitivity Analysis): Критически важен для оценки рисков. Модель позволяет оценить, как изменение ключевых переменных (цена серы, стоимость ремонтов, частота отказов, ставка дисконтирования) влияет на NPV и PP. Это помогает обосновать решения в условиях неопределённости рынка.

Практический пример (фрагмент экономического обоснования)

Показатель	Сценарий 1: Углеродистая сталь	Сценарий 2: Нержавеющая сталь	Примечание
Капзатраты (CapEx), у.е.	500 000	2 200 000	Увеличение на 1 700 000 у.е.
Годовые OpEx (ремонт), у.е.	240 000	15 000	Экономия 225 000 у.е./год
Потери от простоев, у.е./год	180 000	10 000	Сокращение на 170 000 у.е./год
Потери от снижения конверсии, у.е./год	80 000	5 000	Сокращение на 75 000 у.е./год
Совокупная годовая экономия (ΔCF), у.е.	-	470 000	=225+170+75
Простой срок окупаемости (PP), лет	-	3.62	=1 700 000 / 470 000
Дисконтированный PP (при $r=10\%$), лет	-	~4.3	С учётом стоимости капитала

Заключение по экономической части

Таким образом, экономический ущерб от коррозии в установке Клауса является системным и требует интегрального подхода к оценке. Предложенная модель переводит технические параметры (скорость коррозии, температура точки росы) в финансовые категории (NPV, DPP), обеспечивая аппарат для обоснования решений по выбору материалов, режимов работы и стратегии технического обслуживания. Доказано, что даже значительные первоначальные инвестиции

в коррозионную стойкость могут быть экономически оправданы за счёт резкого снижения эксплуатационных рисков и потерь, обеспечивая устойчивую и рентабельную работу установки в долгосрочной перспективе.

3. Математическая модель оптимизации

Предложена целевая функция — минимизация совокупных годовых затрат (Total Annual Cost, TAC):

$$TAC = CapEx_{\text{корр}} \times A + OpEx_{\text{реагенты}} + OpEx_{\text{энергия}} + OpEx_{\text{ремонт}} + C_{\text{простой}} \times t_{\text{простой}} + C_{\text{сера}}$$

Задача оптимизации сводится к поиску таких значений управляемых параметров (скорость газа, температуры, соотношение H₂S/SO₂), при которых функция TAC достигает минимума, находя баланс между технологическими ограничениями и экономическими затратами [2, 3, 4].

Заключение

Основные экономические потери обусловлены не столько прямыми расходами на ремонт, сколько значительными косвенными убытками от внеплановых простоев и недополучения продукции.

Инвестиции в коррозионно-стойкие материалы и технологии, несмотря на повышенные первоначальные капитальные затраты, обладают короткими сроками окупаемости (2–5 лет), что подтверждает их высокую экономическую целесообразность.

Разработанная интегральная экономико-математическая модель позволяет проводить многокритериальную оптимизацию работы установки, находя баланс между технологической эффективностью и минимизацией совокупных затрат на протяжении жизненного цикла.

Учёт коррозионного фактора как ключевой экономической переменной должен стать обязательным элементом системы управления процессом сероочистки для обеспечения его долгосрочной рентабельности.

Литература:

1. Паушкин Я. М., Ахметов С. А. Технология переработки нефти и газа. Ч. 2. — М.: Химия, 2005. — 400 с.
2. Kohl, A., Nielsen, R. Gas Purification. — 5th Edition. — Gulf Publishing Company, 1997. — 1450 p.
3. Lagas J. A. Sulfur recovery with the Claus process. — Progress in the Science of Corrosion, 1984. — P. 123–135.
4. Clark P. D. Corrosion in Claus plants. — Materials Performance, 1990. — Vol. 29, No. 5. — P. 57–62.
5. Надежкина В. Ф., Шумков А. А. Исследование коррозионной стойкости материалов в среде установок получения серы методом Клауса // Защита металлов. — 2008. — Т. 44, № 2. — С. 45–51.
6. API Recommended Practice 932-A. Design, Materials, Fabrication, Operation, and Inspection Guidelines for Corrosion Control in Hydroprocessing Reactor Effluent Air Cooler Systems. — 2003.
7. NACE Standard MR0175 / ISO 15156. Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Методы анализа и оценки микроклиматических параметров объектов ландшафтной архитектуры

Березовский Алексей Дмитриевич, студент магистратуры;

Мухтарова Регина Равиловна, студент магистратуры

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова

В данной статье рассматриваются теоретические и методические подходы к анализу микроклиматических параметров объектов ландшафтной архитектуры. Основное внимание уделено двум методическим подходам: оценке комфортности среды с помощью биоклиматических индексов и возможностям статистического анализа микроклиматических параметров. Описана роль корреляционного, кластерного и дисперсионного анализа (ANOVA, MANOVA) для выявления закономерностей влияния ландшафтных компонентов (зеленых насаждений, водных объектов, окружающей городской застройки) на формирование микроклимата. Показано, что сочетание биоклиматических индексов и статистических методов позволяет перейти от качественных характеристик ландшафта к объективной количественной оценке для его комфортности. Материалы статьи могут быть полезны для специалистов в области ландшафтного планирования и проектирования комфортной городской среды.

Ключевые слова: ландшафтная архитектура, микроклимат, биоклиматические индексы, коэффициент комфортности, статистический анализ, корреляционный анализ, дисперсионный анализ, кластерный анализ, методы оценки, городские зеленые насаждения.

Современные тенденции урбанизации и изменения климата ставят перед ландшафтной архитектурой задачу создания не только эстетически выразительных, но и комфортных для человека объектов. Микроклиматические параметры территории (температурный, влажностный и ветровой режимы) напрямую влияют на рекреационную привлекательность объектов ландшафтной архитектуры. Однако до настоящего времени оценка их комфортности часто носит описательный, экспертный характер, что недостаточно для объективного проектирования. В этой связи возрастает потребность в систематизации и обобщении существующих количественных методов анализа микроклимата. Особый интерес представляет применение биоклиматических коэффициентов комфортности, позволяющих оценить тепловые ощущения человека, а также использование статистического анализа для выявления достоверных закономерностей влияния ландшафтных компонентов на микроклимат. Обзор и теоретическое осмысление данных подходов является важным шагом к внедрению научно обоснованных критериев комфортности в практику ландшафтного планирования.

На протяжении последних 100 лет было проведено большое количество исследований направленных на выявление закономерных микроклиматических процессов среды, а также их взаимосвязь с комфортом человека, по-

тенциального пользователя среды. Тепловой комфорт — это состояние сознания, выражающее удовлетворенность тепловой средой, он оценивается субъективно [1]. Субъективный фактор и индивидуальность восприятия комфортного состояния являются главными причинами погрешностей.

На данный момент в мире разработано более 150 различных индексов и коэффициентов для оценки микроклиматических показателей. Более ранние индексы были разработаны в основном для отраслей промышленности и военных, где условия микроклимата, в том числе помещений, могли негативно сказываться на эффективности работы сотрудников. Впоследствии исследования масштабировались до условий городской среды и их влияния на качество жизни в крупных городах [2].

Уже во второй половине XX-ого века ставилось под сомнение такое большое количество индексов, потому что некоторые дублировали друг друга или были слишком узкими. К настоящему моменту, самыми распространенными являются следующие индексы: PET — индекс эквивалентно-физиологической температуры; UTCI — универсальный тепловой климатический индекс; SET — стандартная эффективная температура; PMV — прогнозируемая средняя оценка. Далее каждый из этих индексов рассмотрен более подробно.

Зона комфорта по метеорологическим условиям не стандартна для всех людей и зависит от ряда условий (времени года, климатического пояса, возраста человека и так далее). Эквивалентно-физиологическая температура (PET) является универсальным индексом и может быть использована для разных типов климата как для каждого индивидуума в отдельности, так и для среднестатистического человека. Его ключевая особенность заключается в том, что помимо микроклиматических условий, он учитывает такие параметры как деятельность (по степени активности) и одежду человека (по крупным категориям) [3].

Концепция теплового комфорта тесно связана с тепловым стрессом. Она пытается предсказать воздействие солнечного излучения, движения воздуха и влажности на людей в экстремальных климатических условиях, или ведущих активную деятельность (физический труд спорт и пр.) на открытом воздухе в жаркое время года. Значения выражаются в виде температуры влажного термометра или индекса дискомфорта [4].

Универсальный тепловой климатический индекс (UTCI) — это один из самых современных и комплексных индексов. Он определяется как эквивалентная температура воздуха (в °C) в стандартных условиях, при которой физиологическая реакция организма (дрожь, потоотделение) была бы такой же, как в реальной обстановке [5]. UTCI построен на продвинутой многоузловой модели теплообмена человека Fiala и учитывает температуру воздуха, влажность, скорость ветра и солнечную радиацию [6]. Он считается эталоном для оценки термического стресса на открытом воздухе в различных климатических зонах.

Индекс стандартной эффективной температуры (SET) был разработан на основе двухузловой модели Гэгге (Gagge). Он показывает, какую температуру воздуха (при стандартной влажности 50 % и в условиях «покоя») человек субъективно ощущал бы так же, как в текущей сложной среде [6]. Он широко применяется как в помещениях, так и на открытом воздухе, особенно для оценки физиологического стресса в жарких условиях. Однако, согласно некоторым исследованиям, его прогностическая способность на открытом воздухе может уступать UTCI [6].

Индекс прогнозируемой средней оценки (PMV) изначально создавался для оценки комфорта в закрытых помещениях с умеренным климатом [6]. PMV прогнозирует среднюю оценку тепловых ощущений человека по 7-балльной шкале (от -3 «холодно» до +3 «жарко») на основе уравнения теплового баланса [6]. Хотя он стандартизирован (ISO 7730), при применении на открытом воздухе его результаты часто требуют корректировки, так как он может переоценивать дискомфорт в жаркую погоду.

В рамках теоретического обзора рассмотрены возможности применения методов статистического анализа для обработки микроклиматических данных на объектах ландшафтной архитектуры. Установлено, что статистические методы позволяют перейти от разрозненных натурных измерений к выявлению объективных закономер-

ностей и количественной оценке влияния ландшафтных компонентов на формирование микроклимата.

Корреляционный анализ применяется для выявления и оценки связи между различными микроклиматическими параметрами, а также между этими параметрами и характеристиками среды [7]. Корреляционный анализ позволяет определить степень влияния зеленых насаждений на снижение температуры воздуха, повышению относительной влажности воздуха и уменьшению скорости ветра, устанавливая, как правило, отрицательную корреляцию [8]. С его помощью можно также установить зависимость между площадью водного объекта и повышением влажности воздуха, где наблюдается положительная корреляция [9].

Коэффициент корреляции Пирсона позволяет количественно измерить силу этих связей. При этом коэффициент детерминации, рассчитываемый как квадрат коэффициента корреляции, показывает долю вариации зависимой переменной, которая объясняется влиянием независимой переменной [10]. Например, если в качестве зависимой переменной выступает температура воздуха, а независимой сомкнутость крон, то коэффициент детерминации позволяет оценить, насколько точно данный фактор прогнозирует изменение микроклиматического параметра.

Корреляционный анализ дает возможность не просто констатировать наличие связей между компонентами ландшафта и микроклиматом, но и измерить их силу, что принципиально важно для перехода от описательных характеристик к качественным параметрам, выраженным в конкретных единицах измерения [11]. Особую ценность представляет коэффициент детерминации (R^2), который показывает, какая доля изменчивости микроклиматического параметра объясняется влиянием конкретного ландшафтного фактора, что позволяет тем самым оценить его реальный вклад в формировании комфортной среды [9].

Однако важно отметить, что корреляция не означает причинно-следственной связи, и выявленные зависимости требуют дальнейшей интерпретации с учетом ландшафтного контекста. Даже высокий коэффициент детерминации не гарантирует, что учтены все значимые факторы, и за внешне прямой зависимостью могут скрываться более сложные опосредствованные связи [12].

Для сравнения средних значений микроклиматических параметров между двумя группами наблюдений применяется t-критерий Стьюдента, который позволяет сравнивать среднюю температуру воздуха на открытом участке и под пологом леса [13], сопоставить уровень влажности в прибрежной зоне и на удалении от водоема [14], а также проверить, значимо ли отличаются значения микроклиматических параметров в разных типах ландшафта.

При этом корректное применение t-критерия требует предварительной проверки соблюдения необходимых статистических предположений: нормальности распределения данных с помощью теста Шапиро-Уилка и гомогенности дисперсий с использованием теста Левена. В частности, при исследовании микроклиматических раз-

личий под пологом леса и на открытых участках исследователи используют t-критерий для сравнения максимальных и минимальных температур, предварительно убедившись в выполнении указанных условий [13]. Показательным примером служит исследование в Турции, где с помощью t-тестов сравнивались средние значения влажности между прибрежной зоной и внутренними территориями, что позволило выявить статистически значимые различия не в отдельные моменты времени, а на протяжении всего суточного цикла, давая более полное представление о влиянии водных объектов на микроклимат прилегающих ландшафтов [14].

В случаях, когда требуется сравнение более чем двух групп, используется дисперсионный анализ, который позволяет оценить достоверность различий между несколькими вариантами озеленения [15], дать оценку различиям температуры воздуха и относительной влажности под деревьями разных видов [16] и влияния структуры насаждений на микроклиматические показатели [17]. Применение однофакторного и многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA, MANOVA) позволяет учитывать одновременное влияние нескольких факторов на формирование микроклимата, что особенно важно на сложных объектах, где зеленые насаждения, рельеф, водные объекты и плотная городская застройка действуют не изолированно, а в тесном взаимодействии [18].

Показательным примером применения дисперсионного анализа в микроклиматических исследованиях служит работа, выполненная на городской площади университета в Хух-Хото. В нем с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим расчетом F-критериев и p-value оценивалось влияние трех факторов (схемы озеленения, типа растений и альbedo покрытий) на температуру в разные сезоны года. Полученные статистические оценки позволили не только выявить значимость каждого из факторов, но и количественно обосновать рекомендации по подбору ассортимента древесно-кустарниковых насаждений и материалов покрытий для обеспечения комфортных условий пребывания людей в различные сезоны [15]. Также есть примеры эффективности дисперсионного анализа при изучении 128 лесных участков Центральной Европы, где данный метод в сочетании с регрессионными моделями использовался для оценки вклада характеристик древесной (плотность, разновозрастность, открытость полога) в вариацию суточного температурного диапазона [17]. В 15 парках города Сучжоу исследователи применяли ANOVA и множественную регрессию для оценки того, как плотность древесных насаждений, а также наличие и размер водоемов влияют на охлаждающий и увлажняющий эффект зеленых зон [19].

Ключевое преимущество t-критерия и дисперсионного анализа заключается в возможности проверки статистических гипотез, при этом t-критерий удобен для парных сравнений по принципу “до и после” или “контроль-эксперимент” [20], тогда как дисперсионный анализ позво-

ляет одновременно сравнивать несколько групп и оценивать взаимодействие факторов. В контексте ландшафтной архитектуры это означает, что проектировщик или исследователь может получить обоснованный ответ на вопрос, действительно ли создание лесного массива или пруда приводит к значимому изменению микроклимата, или же наблюдаемые различия находятся в пределах естественной изменчивости. T-критерий и дисперсионный анализ позволяют отделить систематические эффекты от случайных, что существенно повышает надежность выводов и обоснованность рекомендаций для ландшафтного проектирования.

Дополнительные возможности для анализа микроклиматических данных открывает применение кластерного анализа, который позволяет классифицировать точки наблюдений или целые участки ландшафтного объекта на основе сходства их микроклиматических характеристик. В отличие от дисперсионного анализа, где группы задаются априорно исследователем, кластерный анализ самостоятельно выявляет естественные группировки в данных, что особенно ценно на начальных этапах изучения территорий. С его помощью можно выделить зоны со сходным температурно-влажностным режимом, объединить точки наблюдений по комплексу параметров и типологизировать ландшафтные объекты по степени их микроклиматического влияния на окружающую среду [21]. Иерархические методы кластеризации позволяют визуализировать структуру сходства между различными участками в виде дендрограмм, тогда как итеративные методы, такие как алгоритм k-средних, дают возможность получить четкое разбиение территории на однородные по микроклимату зоны, что имеет непосредственное практическое значение для функционального зонирования рекреационных пространств и планирования озеленения [22] [23].

В ряде исследований применяется более сложный двухэтапный подход, сочетающий преимущества обоих методов: сначала иерархический кластерный анализ используется для оптимального числа и структуры групп, после чего метод k-средних применяется для получения устойчивого итогового разбиения. Такой комбинированный подход зарекомендовал себя как эффективный инструмент агроклиматического районирования территорий разного масштаба. В частности, он был использован при детальном изучении микроклимата Колумбии, позволив выделить 17 отчетливых микроклиматических зон [22]. Аналогичная методология применялась при микрорайонировании острова Реюньон, где благодаря двухэтапной кластеризации удалось не только определить главные климатические зоны, но и выявить внутри них более мелкие субзоны [24]. Эффективность данного подхода подтверждается также его успешным применением при зонировании офисных зданий в Китае для оптимизации систем управления микроклиматом и в исследованиях энергоэффективности зданий, где кластеризация позволяет группировать помещения со сходными тепловыми нагрузками и режимами эксплуатации [25].

Общим требованием для всех рассмотренных методов является оценка статистической значимости полученных результатов, для чего используется уровень зависимости p -value, показывающий вероятность того, что наблюдаемые различия или связи обусловлены случайными факторами, а не закономерным влиянием ландшафтных компонентов. В научных исследованиях, посвященных микроклимату ландшафтных объектов, традиционно используется пороговое значение $p < 0.05$, что соответствует 95 % достоверной вероятности выводов. Оценка статистической значимости через p -value является необходимым условием для признания выводов обоснованными, и в рассматриваемых исследованиях порог $p < 0.05$ выступает общепринятым критерием: если p ниже этого значения, различия или связи считаются значимыми и заслуживающими внимания при проектировании [26]. Вместе с тем важно понимать, что p -value не является абсолютной мерой истинности, поскольку он зависит от выборки и может быть значимым даже при несущественных с практической точки зрения различиях, поэтому статистическую значимость следует интерпретировать в связке с величиной эффекта, выраженной, например, разницей средних или силой корреляции [27]. В ряде работ предлагается снижать его до 0.005 или делать гибким, зависящим от задачи [28]; [29].

Важно подчеркнуть, что рассмотренные статистические методы не исключают, а дополняют друг друга. Корреляция показывает силу связи между переменными, а коэффициент детерминации оценить ее реальный вклад. Т-критерий позволяет сравнивать две группы, дисперсионный

анализ несколько групп и факторов, кластерный анализ помогает выявлять естественные группировки в данных без априорных предположений, а p -value служит единым способом оценки надежности этих сравнений. В сочетании с биоклиматическими коэффициентами комфортности статистические методы образуют единую методологическую базу для оценки микроклимата, где сначала с помощью биоклиматических индексов оценивается уровень комфортности в разных точках объекта ландшафтной архитектуры, затем с помощью t -критерия или дисперсионного анализа проверяется значимость различий в комфортности между функциональными зонами, корреляционный анализ и коэффициент детерминации выявляет, какие именно ландшафтные компоненты и в какой мере вносят вклад в эти различия, а кластерный анализ позволяет выделить однородные по микроклиматическим условиям участки для более обоснованного функционального зонирования территории.

Описанные выше биоклиматические индексы теплового комфорта, а также другие методы анализа микроклиматических условий среды позволяют комплексно оценивать и прогнозировать микроклимат на объектах ландшафтной архитектуры, а также его воздействие на потенциальных пользователей (посетителей). В статье раскрыты особенности каждого из подходов качественной оценки микроклиматических показателей, которые могут использоваться как индивидуально для определенных узконаправленных задач, так и комплексно для составления целостной оценки.

Литература:

1. ANSI/ASHRAE Standard 55–2013, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
2. Potchter O., Cohen P., Lin T. P., Matzarakis A. Outdoor Human Thermal Perception in Various Climates: A Comprehensive Review of Approaches, Methods and Limitations // *Atmospheric Research*. — 2018. — Vol. 207. — P. 1–19.
3. Емелина С. В., Константинов П. И., Малинина Е. П., Рубинштейн К. Г. Оценка информативности некоторых биометеорологических индексов для разных районов России // *Метеорология и гидрология*. — 2014. — № 7. — С. 25–37.
4. Fanger P. O. Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. — Copenhagen: Danish Technical Press, 1970
5. Błażejczyk K., Jendritzky G., Bröde P., et al. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI) [Electronic resource] // *Geographia Polonica: journal*. — 2013. — Vol. 86, No. 1. — P. 5–10. — URL: https://www.researchgate.net/publication/239525964_An_introduction_to_the_Universal_Thermal_Climate_Index_UTCI
6. Li K, Liu X and Bao Y Evaluating the performance of different thermal indices on quantifying outdoor thermal sensation in humid subtropical residential areas of China. *Front. Environ. Sci.* 10:1071668. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.1071668/full#B10>
7. Гржибовский А. М. Корреляционный анализ // *Экология человека*. 2008. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korrelyatsionnyy-analiz> (дата обращения: 28.02.2026).
8. Li, W., Pan, P., Fang, D., & Guo, C. (2025). Effects of Plant Communities in Urban Green Spaces on Microclimate and Thermal Comfort. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f16050799>.
9. Lingyan Zhao, Tingting Li, Arkadiusz Przybysz, Han Liu, Bingjie Zhang, Wenyu An, Chunyang Zhu. Effects of urban lakes and neighbouring green spaces on air temperature and humidity and seasonal variabilities. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670723000495?via%3Dihub>
10. Саадалов Т., Мырзаibraимов Р., Абдуллаева Ж. Д. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона и их области применения // *Бюллетень науки и практики*. 2021. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-koeffitsienta-korrelyatsii-fehnera-i-pirsona-i-ih-oblasti-primeneniya> (дата обращения: 28.02.2026).

11. Cong, Y., Zhu, R., Yang, L., Zhang, X., Liu, Y., Meng, X., & Gao, W. (2022). Correlation Analysis of Thermal Comfort and Landscape Characteristics: A Case Study of the Coastal Greenway in Qingdao, China. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings12050541>.
12. Li, H., Wu, J. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecol* 19, 389–399 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000030441.15628.d6>
13. Vasconcelos, V. V., & Sacht, H. M. (2020). Influence of Canopy Cover on Surface Temperature. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 13(07), 3275–3286. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3275-3286>
14. Istem Koymen Keser. (2014). Comparing two mean humidity curves using functiona t-tests: Turkey Case. DOI Code: 10.1285/i20705948v7n2p254
15. Tao, Z., Xu, G., Li, G., Zhao, X., Gao, Z., & Shen, X. (2025). Influence and Optimization of Landscape Elements on Outdoor Thermal Comfort in University Plazas in Severely Cold Regions. *Plants*, 14. <https://doi.org/10.3390/plants14142228>.
16. Feng, X., Wen, H., He, M., & Xiao, Y. (2023). Microclimate effects and influential mechanisms of four urban tree species underneath the canopy in hot and humid areas., 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1108002>.
17. Martin Ehbrecht a, Peter Schall a, Christian Ammer a, Markus Fischer b, Dominik Seide. (2018). Effects of structural heterogeneity on the diurnal temperature range in temperate forest ecosystems. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.008>
18. Din, I., & Hayat, Y. (2021). ANOVA or MANOVA for Correlated Traits in Agricultural Experiments. *Sarhad Journal of Agriculture*. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.4.1250.1259>
19. Xiao, X., Zhang, L., Xiong, Y., Jiang, J., & Xu, A. (2022). Influence of spatial characteristics of green spaces on microclimate in Suzhou Industrial Park of China. *Scientific Reports*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13108-1>.
20. Mishra, Prabhaker; Singh, Uttam; Pandey, Chandra M; Mishra, Priyadarshni1; Pandey, Gaurav2. Application of Student's t-test, Analysis of Variance, and Covariance. *Annals of Cardiac Anaesthesia* 22(4):p 407–411, Oct–Dec 2019. | DOI: 10.4103/aca.ACA_94_19
21. Martínez, L., & Pérez, J. (2017). Climatic analysis linked to land vegetation cover of Mexico by applying multivariate statistical and clustering analysis. *Atmosfera*, 30, 233–242. <https://doi.org/10.20937/atm.2017.30.03.04>.
22. Mejía-Parada, C., Mora-Ruiz, V., Soto-Paz, J., Parra-Orobio, B., & Attia, S. (2024). Microclimate Zoning Based on Double Clustering Method for Humid Climates with Altitudinal Gradient Variations: A Case Study in Colombia. *Atmosphere*. <https://doi.org/10.3390/atmos15060709>.
23. Xiang Deng a b, Zijing Tan a, Meijing Tan c, Wenjing Chen. (2021). A clustering-based climatic zoning method for office buildings in China. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102778>
24. Davidson, A., Malet-Damour, B., & Praene, J. (2023). A new microclimate zoning method based on multivariate statistics: The case of Reunion Island. *Urban Climate*. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101687>.
25. Angélica Walsh a, Daniel Cóstola b, Lucila Chebel Labaki. (2022). Performance-based climatic zoning method for building energy efficiency applications using cluster analysis. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124477>
26. Di Leo, G., Sardanelli, F. Statistical significance: p value, 0.05 threshold, and applications to radiomics—reasons for a conservative approach. *Eur Radiol Exp* 4, 18 (2020). <https://doi.org/10.1186/s41747-020-0145-y>
27. Andrade C. The P Value and Statistical Significance: Misunderstandings, explanations, challenges, and alternatives. *Indian J Psychol Med* 2019;41:210–5.
28. Di Leo, G., & Sardanelli, F. (2020). Statistical significance: p value, 0.05 threshold, and applications to radiomics—reasons for a conservative approach. *European Radiology Experimental*, 4. <https://doi.org/10.1186/s41747-020-0145-y>.
29. Habibzadeh, F. (2024). On the use of receiver operating characteristic curve analysis to determine the most appropriate p value significance threshold. *Journal of Translational Medicine*, 22. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04827-8>.

Преодоление культурного моноцентризма в крупных городах (на примере Новосибирска)

Дик Елизавета Евгеньевна, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Статья посвящена актуальной проблеме культурного моноцентризма в крупных городах при внешнем полицентризме. На примере Новосибирска исследовано, что внешняя полицентричность не сопровождается соответствующим развитием культурной инфраструктуры. Цель исследования — выявить устойчивую полицентричную модель культурного каркаса, способную восполнить дефицит существующего культурного обслуживания населения. На-

учная новизна заключается в синтезе методов градостроительного анализа, позволяющих выявить дисбаланс между внешней полицентричностью города и моноцентричностью его культурного каркаса. В качестве объекта исследования выбран Новосибирск, характеризующийся устойчивой полицентричностью. Результатом исследования является разработанная архитектурно-градостроительная концепция культурного кластера в полицентричной структуре Новосибирска.

Ключевые слова: Новосибирск, культурный кластер, полицентричная структура, культурно-досуговый узел, моноцентризм, культурный центр, общественные пространства, градостроительный анализ.

Введение

Проблема дефицита современных общественных пространств в крупных городах является одной из ключевых градостроительных задач. Быстрый рост городов, расширение их территорий и усложнение планировочной структуры часто не сопровождаются соответствующим развитием культурной инфраструктуры. В результате значительные части города — особенно периферийные районы — оказываются вне зоны доступности к качественным культурным услугам.

Понятие полицентричности традиционно связывается с пространственной организацией крупных городов, где формируются несколько равнозначных центров притяжения. Однако полицентричность не сводится только к наличию нескольких центров — она предполагает их функциональное разнообразие, связанность и доступность для населения. Культурно-досуговый узел — элемент полицентричной структуры города, где объекты культуры и связанные с ними общественные пространства формируют вокруг себя новую городскую среду. Однако не любой центр, имеющий культурные объекты, может считаться полноценным культурно-досуговым узлом. Ключевые характеристики узла — многофункциональность, формирование качественной городской среды и доступность для населения [6].

Новосибирск — устойчиво полицентричный город. В его планировочной структуре выделяются три крупных центра: правобережное историко-административное ядро, левобережный промышленно-транспортный кластер и научно-образовательный анклав Академгородка. Однако культурная деятельность в городе сконцентрирована исключительно в правобережном ядре. Левобережье с населением около 400 тыс. человек не имеет собственного культурного центра, сопоставимого по значению и функциям с историческим ядром.

Таким образом, возникает противоречие: планировочная структура города полицентрична, но культурный каркас моноцентричен. Это противоречие порождает дефицит культурных услуг в крупных селитебных зонах и снижает качество городской среды. Преодоление этого дисбаланса требует не точечного строительства отдельных объектов, а системного подхода — формирования сети взаимосвязанных культурно-досуговых узлов.

Цель настоящего исследования — разработать научно обоснованную модель системы культурных центров для восполнения выявленного дефицита и апробировать её на примере левобережья Новосибирска в виде архитектурно-градостроительной концепции.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- классифицировать существующие общественные центры и культурно-досуговые узлы по масштабу влияния, функциональному составу и положению в планировочной структуре;
- выявить зоны дефицита культурного обслуживания на основе транспортной доступности и плотности населения;
- определить потребность в новых центрах согласно действующим нормативам и предложить модель их размещения;
- разработать архитектурно-градостроительную концепцию культурного кластера как ключевого элемента предлагаемой сети.

Методология исследования

Для решения поставленных задач разработан комплексный методический подход, объединяющий несколько последовательных аналитических этапов. Предлагаемая методика позволяет системно оценить культурный каркас крупного города: от его пространственной структуры до выявления зон дефицита и формирования модели новых культурных центров.

1. Градостроительный анализ и структурирование территории. На первом этапе выполнен анализ транспортного каркаса, плотности населения, миграционных потоков и размещения объектов культурно-досуговой и общественной деятельности. На основе полученных данных выделены планировочные районы — крупные структурные части города, сформированные по функциональному признаку (селитебные, промышленные, рекреационные, общественно-деловые). Границы районов определены с учётом планировочных ограничений — транспортных магистралей и при-

родных рубежей. Это позволило оценивать культурный каркас в соответствии с реальными градостроительными закономерностями.

2. Выделение и систематизация общественных центров и подцентров. На основе данных о размещении объектов общественно-досугового назначения выполнена их систематизация по трём основаниям: масштабу влияния (общегородские, районные, локальные); функциональному составу (многофункциональные, монофункциональные); положению в планировочной структуре (связь с транспортным каркасом, селитебными и общественными зонами). Выявление центров и подцентров позволило зафиксировать полицентры Новосибирска — основные центры тяготения населения, а также определить их функциональную специализацию (рисунок 1).

3. Оценка плотности и функционального насыщения территорий. Проведён анализ плотности размещения культурных объектов по планировочным районам. Выявлены территории с высокой концентрацией культурных объектов (правобережное ядро), а также территории, где культурная функция отсутствует или представлена единичными объектами (левобережье, периферийные районы). Это позволило зафиксировать пространственную неравномерность культурного каркаса.

4. Определение зон дефицита культурного обслуживания. На основе ГИС-анализа для каждого выявленного культурно-досугового узла построены 30-минутные зоны пешеходной доступности согласно требованиям СП 42.13330.2016 [1]. Наложение данных о плотности населения позволило выявить территории, не охваченные нормативной доступностью. Зоны дефицита зафиксированы как территории с высокой плотностью населения, не имеющие доступа к культурным услугам в пределах нормативной доступности (рисунок 3).

5. Нормативное обоснование потребности в новых центрах. На основе Местных нормативов градостроительного проектирования Новосибирска и методических рекомендаций Минкультуры РФ определена расчётная потребность в центрах межрайонного значения с учётом численности населения планировочных районов. Установлено необходимое количество новых культурных центров (3–5 объектов межрайонного значения) и их транспортная доступность (30–60 минут).

6. Моделирование системы культурных центров. На основе анализа полученных данных (зоны дефицита, плотность населения, транспортная доступность, нормативные требования) сформулирована модель системы потенциальных культурно-досуговых узлов. Определены территории для размещения новых центров, каждому из которых присвоена доминирующая функция, обеспечивающая взаимодополняемость узлов в рамках единого каркаса. Дополнительно проведён анализ пространственных направлений развития города, подтверждающий соответствие предложенной модели стратегическим приоритетам территориального планирования (рисунок 4).

7. Разработка культурного каркаса левобережья. На основе сформулированной модели выполнена детальная проработка культурного каркаса на уровне левобережья — наиболее крупной зоны дефицита. Определены конкретные точки размещения культурных объектов, их функциональная специализация и связи между ними (пешеходные маршруты, зелёные коридоры) (рисунок 5).

8. Формирование архитектурно-градостроительной концепции культурного кластера. Заключительный этап — разработка проектного решения для одного из ключевых узлов предложенной сети. На выбранной территории левобережья сформирована архитектурно-градостроительная концепция культурного кластера, включающая функциональное зонирование, параметры застройки и принципы организации общественных пространств.

Результаты исследования

Применение разработанной методики позволило получить следующие результаты.

Эволюция культурного каркаса. Историко-градостроительный анализ зафиксировал, что на этапе зарождения города (1893–1919) сформировалось историческое ядро на правом берегу Оби, где концентрировались первые культурные объекты. В последующие периоды городские границы расширялись, формировались новые жилые и промышленные зоны на левобережье и периферии правого берега. Однако культурные объекты продолжали концентрироваться в историческом ядре. За 130 лет левобережье не получило ни одного культурного центра общегородского значения.

Выделение существующих культурно-досуговых узлов. Анализ общественных центров подтверждает полицентричность планировочной структуры Новосибирска: выявлены три общегородских центра (правобережное ядро, площадь Маркса, Академгородок) и множество районных и локальных центров, представленных на рисунке 1. При переходе к анализу культурно-досуговых узлов установлено: из трёх общегородских центров только правобережное ядро является многофункциональным культурно-досуговым узлом. Монумент Славы выполняет историко-мемориальную функцию, площадь Маркса — транспортно-торговую, Академгородок — научно-образовательную. Схема выделения существующих культурно-досуговых узлов представлена на рисунке 2.

Зоны дефицита культурных услуг. Анализ пешеходной доступности выявил, что правобережное культурное ядро не охватывает левобережье и значительную часть периферийных районов правого берега. Наибольшая зона дефицита зафиксирована на левобережье (Кировский и Ленинский районы) с населением около 400 тыс. человек.

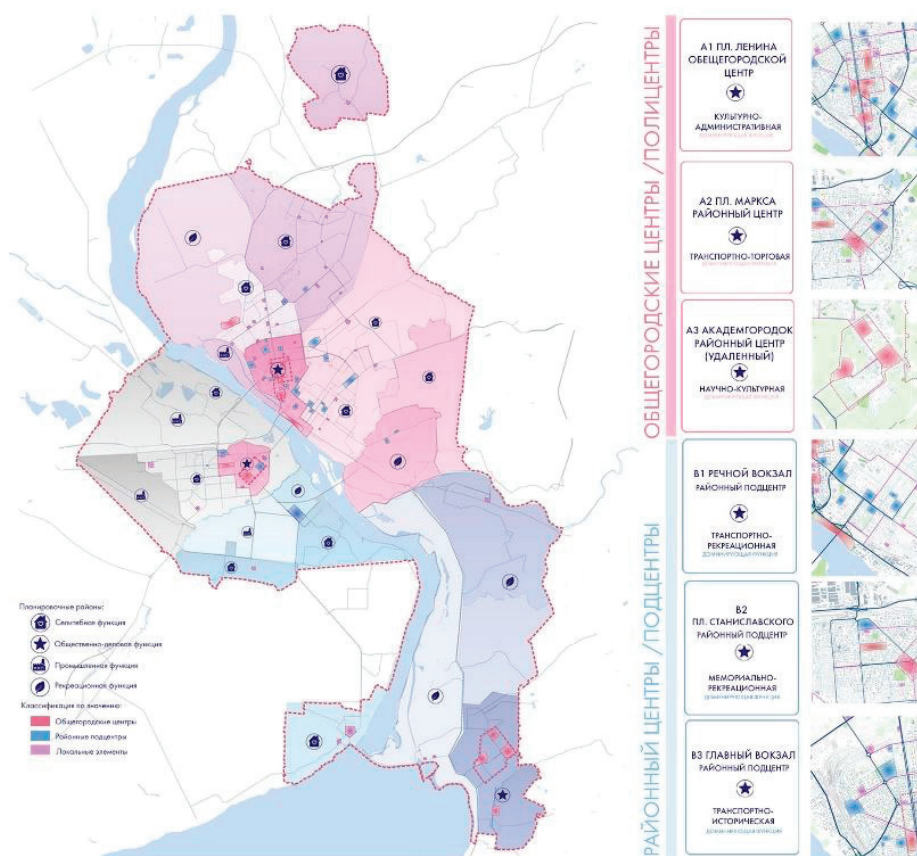


Рис. 1. Схема выделения существующих общественных центров и подцентров

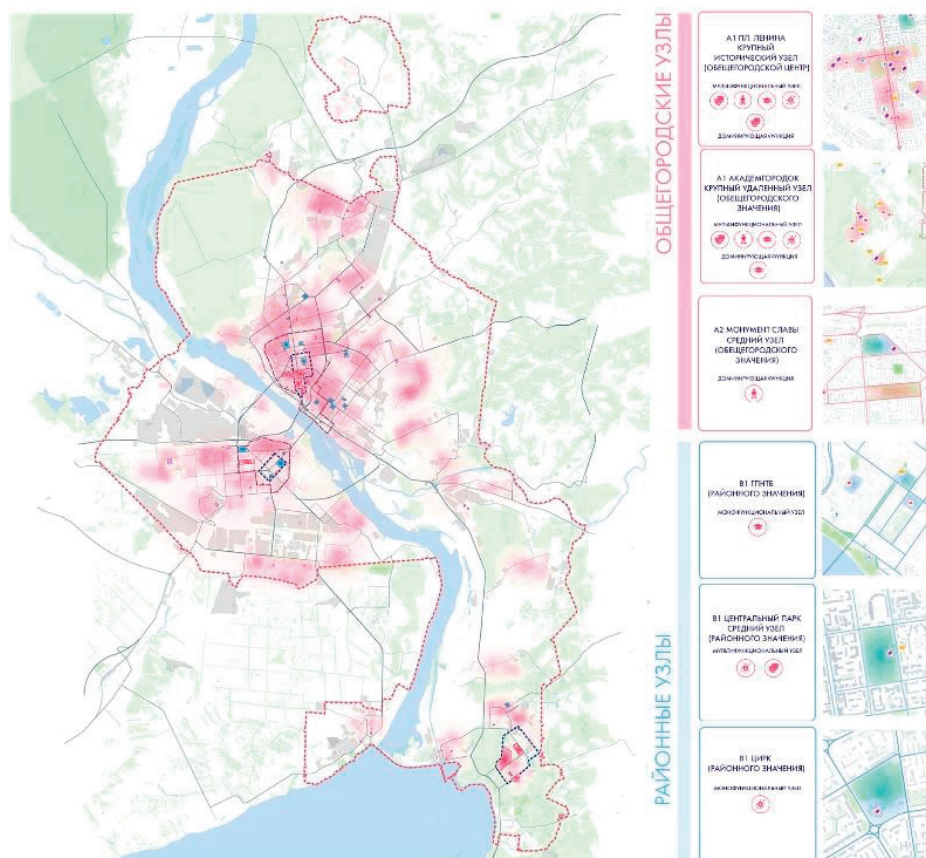


Рис. 2. Схема выделения существующих культурно-досуговых узлов

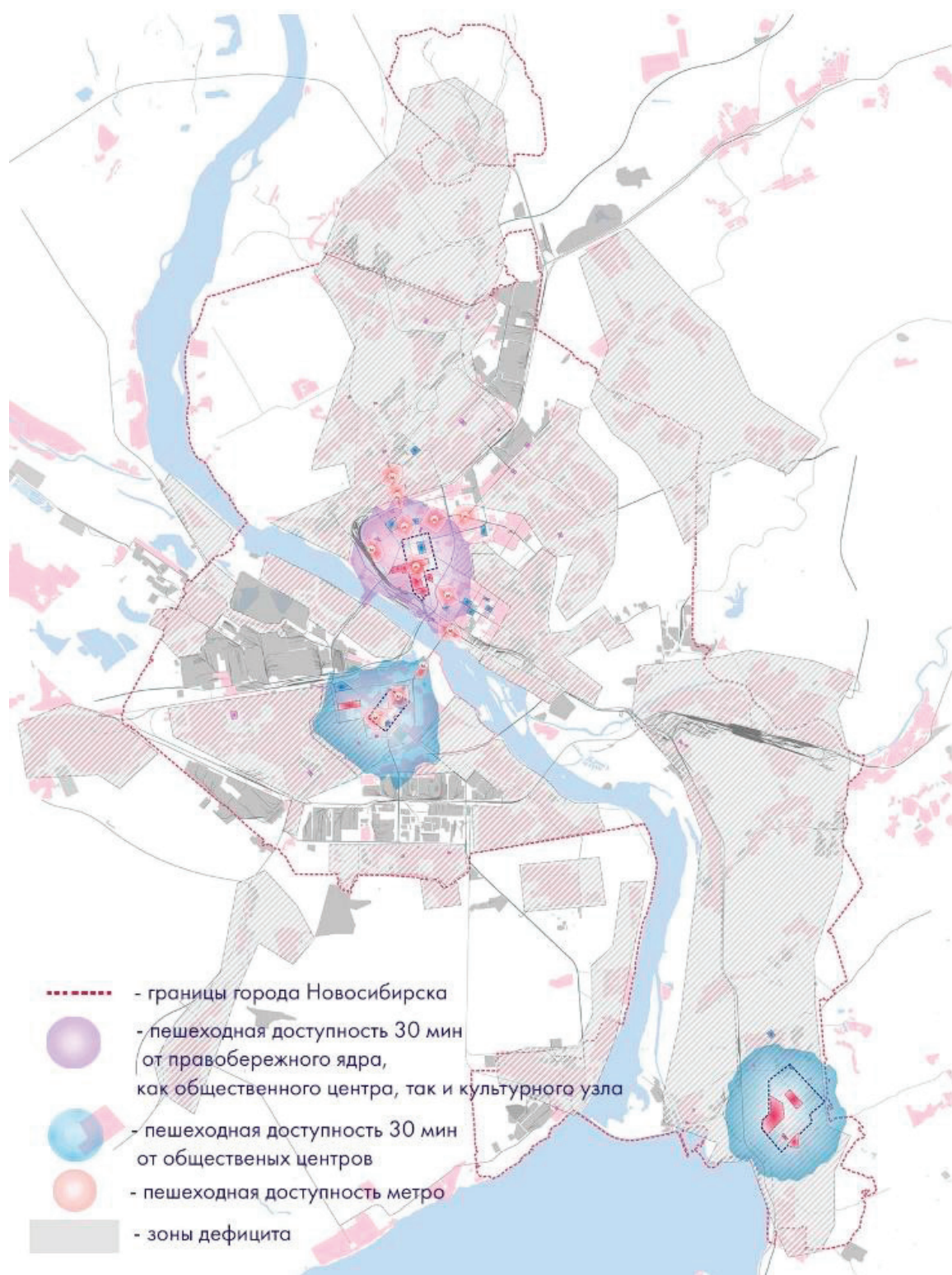


Рис. 3. Схема зон дефицита культурного обслуживания населения

Модель системы потенциальных культурно-досуговых узлов. На основе нормативного анализа и расчёта населения по планировочным районам сформулирована система из пяти новых культурных узлов с различной доминирующей функцией.

Предложенная модель представляет собой трёхуровневую систему: межрайонные центры нового типа (пять объектов), районные центры на базе реновированных ДК (10–15 объектов) и локальные точки притяжения (библиотеки, клубы, адаптированные кинотеатры). Такая структура обеспечивает взаимодополняемость центров и равномерное покрытие территории культурными услугами.

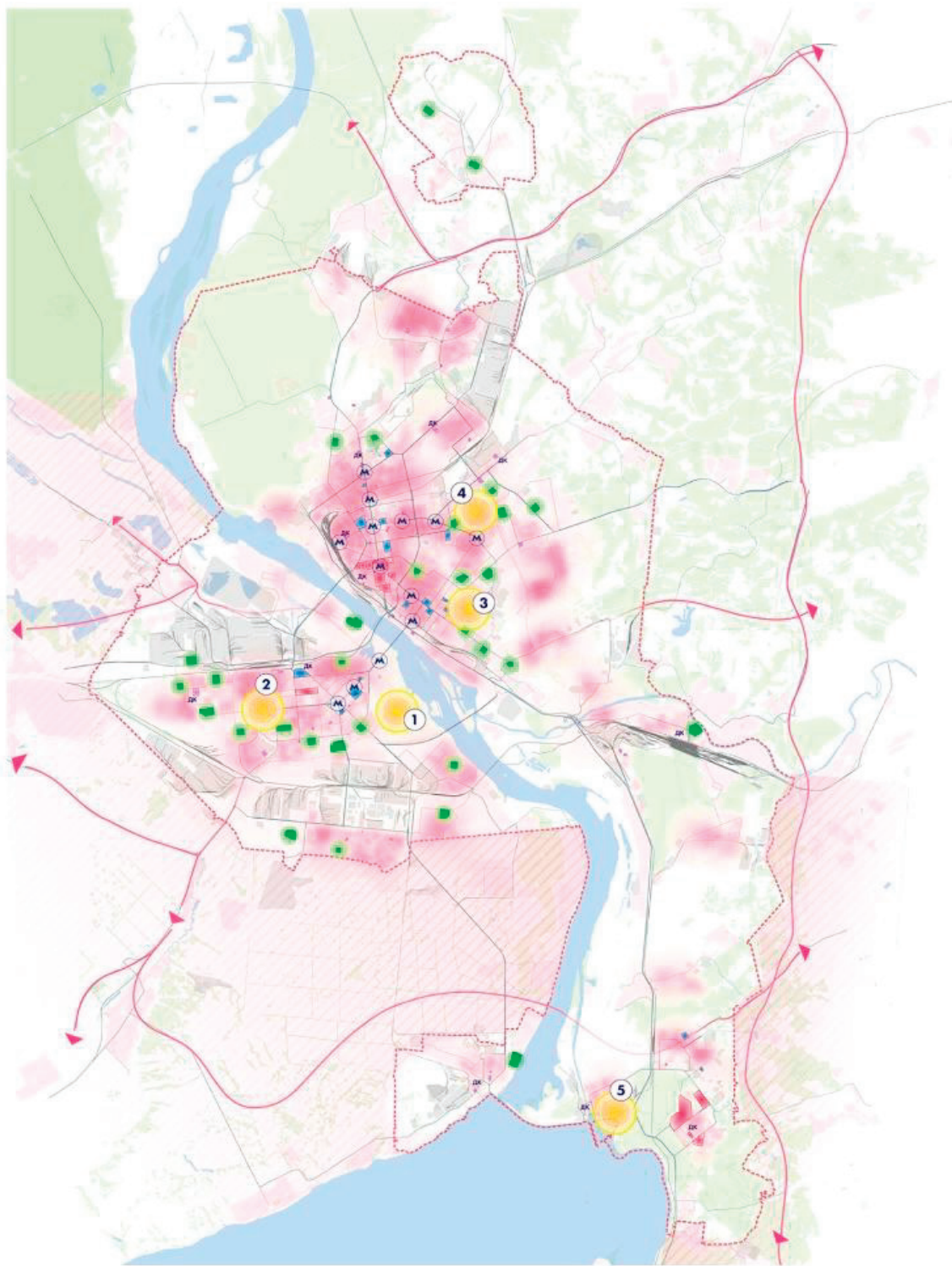


Рис. 4. Схема потенциальных культурно-досуговых узлов

Практическая реализация: культурный кластер как инструмент восполнения дефицита

Предложенная модель системы потенциальных культурно-досуговых узлов состоит из пяти центров межрайонного значения. Одним из ключевых узлов сети является культурный кластер на левобережье Новосибирска — наиболее крупной зоне дефицита культурных услуг.

На основе выявленной модели выполнена детальная проработка культурного каркаса левобережья, представленная на рисунке 5. Определены конкретные точки размещения культурных объектов, их функциональная специализация и связи между ними (пешеходные маршруты, зелёные коридоры).

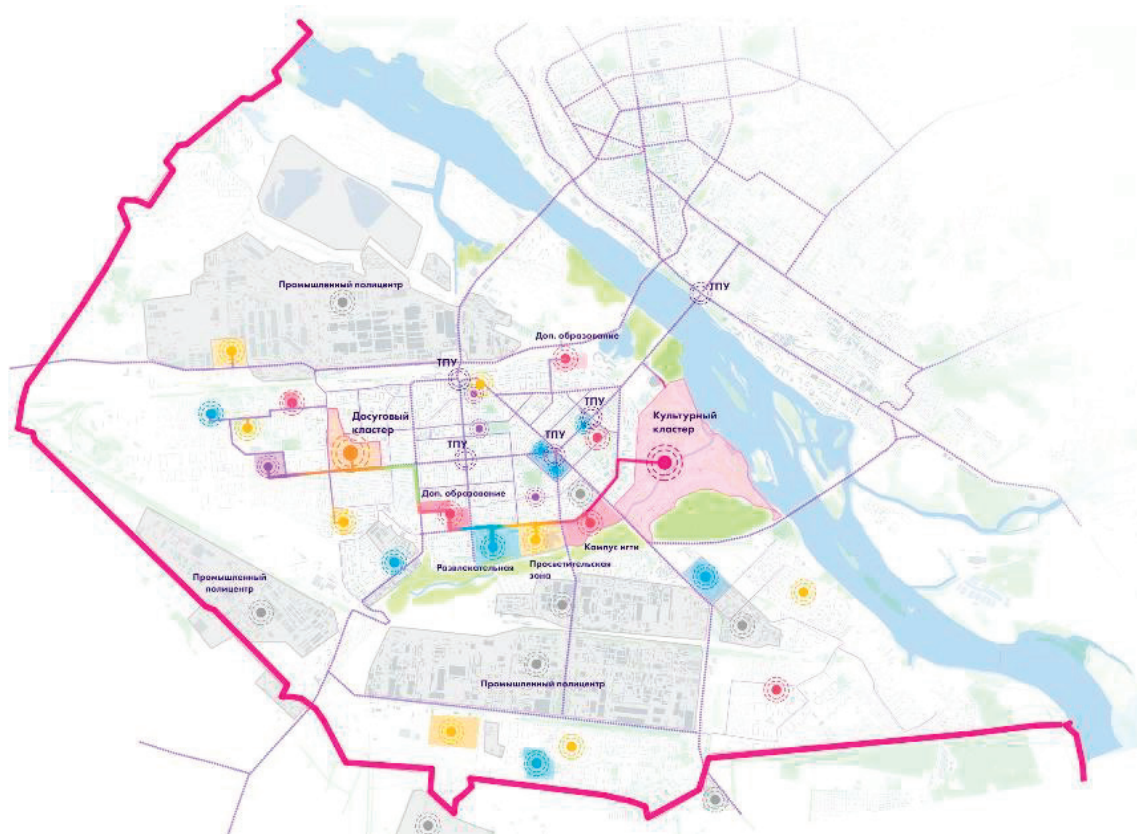


Рис. 5. Схема проектного предложения культурного каркаса левобережья

Территория для формирования кластера расположена между Бугринским и Коммунальным мостами и включает Бугринскую рощу, береговую линию Оби и пойму реки Тулы [5].

Выбор территории определён группами факторов:

- наличие уникального природного ресурса (Бугринская роща, акватория Оби, долина реки Тулы) [5];
- высокая транспортная доступность (две станции метро в пешеходной доступности, примыкающие автомобильные магистрали общегородского значения);
- градостроительный потенциал (ценные городские земли).

В соответствии с предложенной моделью каждый культурный узел имеет собственную доминирующую функцию. На данной территории реализован принцип рассредоточенного культурного каркаса: объекты кластера распределены по территории и связаны пешеходными маршрутами.



Рис. 6. Схема элементов культурного кластера

Центральным элементом кластера является театральное пространство с культурным центром нового типа на 500 мест, реализующее культурную функцию, дополненную образовательной и просветительской.

Вокруг него сгруппированы объекты с различными доминирующими функциями: просветительский центр (> 2000 м² экспозиционной площади), образовательный кластер (художественная и музыкальная школа на 500 учащихся), арт-центр на месте объекта культурного наследия (> 2500 м² экспозиционной площади) и павильон на набережной (вмещает до 150 человек одновременно).

Заключение

Проведённое исследование подтвердило гипотезу о том, что культурный моноцентризм в крупном полицентричном городе преодолевается не через создание одного нового объекта, а через формирование сети узлов с различной доминирующей функцией.

В ходе исследования установлено следующее.

1. Новосибирск устойчиво полицентричен по планировочной структуре, но моноцентричен по культурному каркасу. Основные объекты культуры сконцентрированы в правобережном историческом ядре, левобережье не имеет собственного культурного центра общегородского значения.
2. Анализ существующих культурно-досуговых узлов по трём основаниям (масштаб влияния, функциональный состав, положение в планировочной структуре) позволил зафиксировать, что из трёх общегородских центров только правобережное ядро отвечает критериям современного культурно-досугового узла.
3. Выявлены зоны дефицита культурных услуг — территории с высокой плотностью населения, не охваченные нормативной доступностью от существующих культурных центров. Наибольшая зона дефицита зафиксирована на левобережье (Кировский и Ленинский районы) с населением около 400 тыс. человек.
4. Предложена модель системы культурных центров, включающая пять новых межрайонных узлов с различной доминирующей функцией: театральной, историко-досуговой, образовательной, креативной и научно-популярной. Предложенная трёхуровневая структура обеспечивает взаимодополняемость центров и равномерное покрытие территории культурными услугами.
5. Разработана архитектурно-градостроительная концепция культурного кластера на левобережье Новосибирска как проект предложенной модели. Концепция подтверждает возможность реализации модели на конкретной территории и демонстрирует принципы организации культурного каркаса на уровне района.

Результаты исследования могут быть использованы для корректировки документов территориального планирования Новосибирска (Генеральный план, Правила землепользования и застройки) и других крупных городов с аналогичной проблемой культурного моноцентризма [2; 3; 4].

Литература:

1. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*: утверждён и введён в действие приказом Минстроя России от 30.12.2016 № 1034/пр (с изменениями № 1, 2, 3, 4).
2. Решение Совета депутатов города Новосибирска от 24.06.2009 № 1288 «Об утверждении Правил землепользования и застройки города Новосибирска» (в действующей редакции с изменениями на 03.12.2025).
3. Решение Совета депутатов города Новосибирска от 02.12.2015 № 96 «О Местных нормативах градостроительного проектирования города Новосибирска» (в редакции решения Совета депутатов г. Новосибирска от 28.06.2023 № 555).
4. Решение Совета депутатов города Новосибирска от 26.12.2007 № 824 «О Генеральном плане города Новосибирска» (актуализированная редакция, введенная решением Совета депутатов города Новосибирска от 18.06.2025 № 942).
5. Голодяев, К. А. Деревня Бугринская — прогулка сквозь время (вехи и судьбы) / К. А. Голодяев // Старый Новосибирск (исторические заметки о том, откуда и когда вырос самый крупный город Сибири). — 2016. — С. 115.
6. Кривицкая, Д. Г. Формирование общественных подцентров западно-сибирских городов / Д. Г. Кривицкая, С. М. Ремарчук // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2023. — № 4. — С. 45–58.

Простая аналитическая формула для определения несущей способности мелкозаглублённых фундаментов, армированных георешёткой

Нгуен Тиен Нам, кандидат технических наук, преподаватель;

Фам Дык Тиеп, кандидат технических наук, доцент;

Нгуен Тьонг Лай, кандидат технических наук, доцент

Вьетнамский государственный технический университет имени Ле Куи Дона (г. Ханой, Вьетнам)

Мелкозаглублённые фундаменты широко применяются благодаря простоте устройства и низкой стоимости. Однако при строительстве на слабых грунтах или при значительных нагрузках возникает необходимость повышения их несущей способности, одним из эффективных решений является армирование основания георешёткой (Geogrid). В настоящее время исследования в данной области в основном основаны на экспериментальных исследованиях и численном моделировании, тогда как инженерное проектирование требует простых расчётных методов, позволяющих оперативно оценить предельную несущую способность и предварительно определить параметры армирования (число слоёв, расстояние между ними и глубину их заложения). В связи с этим в статье предложена простая аналитическая формула для быстрого определения несущей способности мелкозаглублённых фундаментов, армированных георешёткой, предназначенная для предварительного проектирования в инженерной практике.

Ключевые слова: мелкозаглублённый фундамент, георешётка, армированный грунт, кажущееся сцепление, метод конечных элементов, аналитическая формула, несущая способность.

1. Обзор исследований

Концепция Terre Armée (армированного грунта) была запатентована французским инженером Анри Видалем в 1966 году. Её сущность заключается в армировании зернистого грунта материалами, воспринимающими растягивающие усилия, что позволяет получить композиционный материал с существенно более высокой несущей способностью по сравнению с естественным грунтом [1].

С конца 1970-х годов развитие технологии армированного грунта значительно ускорило благодаря появлению геосинтетических материалов, прежде всего георешёток (геосеток), изготовленных из полиэстера, полипропилена и полиэтилена. Благодаря малому весу, высокой долговечности и технологичности георешётки получили широкое применение при строительстве подпорных стен, откосов, дорожных насыпей, мелкозаглублённых фундаментов и берегозащитных сооружений. Эффект армирования основан на силах трения между грунтом и георешёткой, которые повышают сопротивление сдвигу, ограничивают горизонтальные перемещения и, как следствие, увеличивают несущую способность основания.

Согласно работам Анри Видаля, F. Schlosser, Н. Т. Лонга и Haussman, кажущееся сцепление армированного грунта объясняется в рамках предельного состояния по критерию Мора-Кулона [2, 3]. Если угол отклонения главных напряжений на контакте «грунт–армирующий элемент» меньше предельного угла внутреннего трения, формируется устойчивое фрикционное взаимодействие, приводящее к увеличению сопротивления сдвигу. Это проявляется смещением огибающей разрушения вверх, при котором ордината пересечения соответствует кажущемуся сцеплению ΔC_a .

Позднее Ketchart и Wu предложили модель определения ΔC_a на основе результатов трёхосных испытаний и критерия Мора-Кулона. В отличие от гипотезы Видаля, предполагающей полную мобилизацию растягивающей прочности армирующего элемента, данная модель показывает, что растягивающая прочность реализуется лишь частично. Поэтому значения ΔC_a , рассчитанные по модели Видаля, как правило, превышают результаты, полученные по модели Ketchart-Wu.

Развивая эти исследования, Фам Дык Тиеп и соавторы [4] предложили метод определения ΔC_a , основанный на сочетании конечно-элементного моделирования в Plaxis 2D и нелинейного регрессионного анализа. Грунт моделировался с использованием модели Hardening Soil, а георешётка — линейными конечными элементами с жёсткостью EA и растягивающей прочностью R, что позволило одновременно учитывать два механизма разрушения: разрыв армирующего элемента и его растяжение. По результатам 62 численных расчётов с варьированием параметров ϕ , c , R, EA и расстояния между слоями армирования ΔH была получена эмпирическая зависимость $\Delta C_a = f(\Delta H, R, \phi)$. Расхождение с моделью Ketchart-Wu не превышало 10 %, что подтверждает высокую достоверность предложенного подхода.

Многочисленные экспериментальные и численные исследования мелкозаглублённых фундаментов, армированных георешёткой, показывают, что рациональное расположение армирующих слоёв позволяет существенно увеличить несущую способность и уменьшить осадку. Работы Binquet & Lee, Guido et al., Yetimoglu, Wu & Saglamer и других исследователей показали, что наиболее эффективная зона армирования располагается на глубине $1,0B \div 1,5B$ ниже подошвы фундамента [5–7]. Более поздние расчёты в Plaxis свидетельствуют, что эффективная глубина армирования может сокращаться до $0,7B \div 1,1B$, что соответствует зоне наиболее интенсивного развития пластических деформаций под фунда-

ментом. Размещение армирующих слоёв за пределами этой зоны практически не приводит к дальнейшему увеличению несущей способности [8–10].

Несмотря на большое количество экспериментальных и численных исследований, аналитические методы определения предельной несущей способности мелкозаглублённых фундаментов, армированных георешёткой, остаются недостаточно разработанными. Поскольку проведение экспериментов связано со значительными затратами, а численное моделирование требует большого числа исходных параметров, в настоящей работе предлагается аналитический метод, основанный на использовании кажущегося сцепления, определённого по результатам численного моделирования. Достоверность и область применимости предложенной модели проверяются методом конечных элементов.

2. Предложение аналитического метода определения несущей способности фундаментов, армированных георешёткой

При постепенном увеличении нагрузки до предельного значения в грунте формируются зоны пластических деформаций, развивающиеся от подошвы фундамента в горизонтальном и вертикальном направлениях и образующие общий механизм разрушения. Поэтому несущая способность основания непосредственно зависит от размеров зоны пластических деформаций, характеризуемой глубиной z_{\max} .

Рассмотрим ленточный фундамент шириной b , заложенный на глубине h и воспринимающий равномерно распределённую нагрузку p . Основание характеризуется параметрами γ , c , φ . Вес грунта выше подошвы фундамента приводится к равномерно распределённой нагрузке $q = \gamma h$. Согласно классическому решению задачи несущей способности основания, основанному на теории предельного равновесия Л. Прандтля и развитому В. В. Соколовским, максимальное давление под подошвой фундамента может быть представлено как функция глубины развития пластической зоны следующим образом:

$$P_{gh} = \frac{\pi \cdot \gamma}{\left(\cotg \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)} \cdot \left(z_{\max} + h + \frac{c}{\gamma} \cdot \cotg \varphi\right) + \gamma \cdot h \quad (1)$$

Формула (1) показывает, что предельная несущая способность основания напрямую зависит от развития пластической зоны, характеризуемой параметром z_{\max} . Различные предположения о форме и размерах зоны пластических деформаций приводят к различным значениям z_{\max} .

Согласно подходу Иаропольского, предельное состояние соответствует случаю, когда зона пластических деформаций достигает максимального развития. При этом:

$$z_{\max} = \frac{b}{2} \cdot \cotg\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2)$$

Таким образом, задача определения предельной несущей способности может быть сведена к определению закономерности развития зоны пластических деформаций. Исходя из этого, размещение слоёв георешётки в пределах данной зоны (рис. 1) позволяет ограничить развитие пластических деформаций, что приводит к увеличению несущей способности основания.

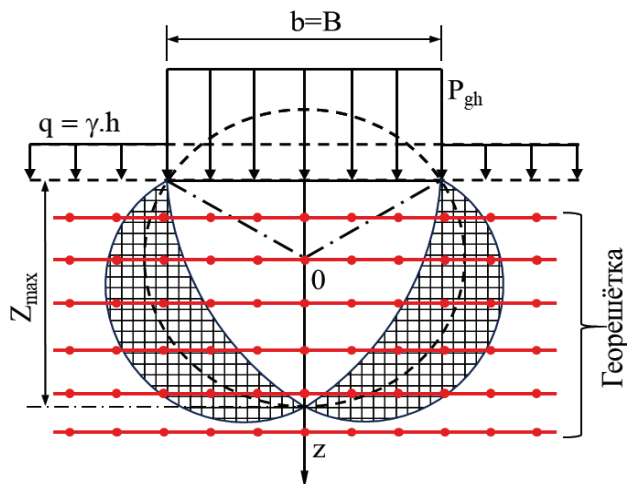


Рис. 1. Предлагаемая схема армирования основания георешёткой для повышения несущей способности мелкозаглублённого фундамента

На основе метода определения несущей способности основания (P_{gh}) по Иаропольскому расчёт несущей способности основания, армированного георешёткой, выполняется в три этапа.

(1) Слои георешётки размещаются в пределах глубины z_{max} , определяемой по формуле (2). Данная глубина соответствует зоне максимального развития пластических деформаций под подошвой фундамента, где армирование наиболее эффективно повышает сопротивление сдвигу грунта.

(2) Эффект армирования георешёткой учитывается посредством величины кажущегося сцепления, характеризующей вклад армирующей системы в увеличение общего сопротивления грунта сдвигу в пределах зоны z_{max} [4]:

$$\Delta c = \frac{0,5412^{\Delta H} \cdot (0,1713R)}{2 \cdot \Delta H \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})} \quad (3)$$

(3) Предельная несущая способность мелкозаглублённого фундамента, армированного георешёткой, определяется по следующему выражению:

$$P_{gh} = \frac{\pi \cdot \gamma}{(\cot \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2})} \cdot \left(\frac{b \cdot (1 + \sin \varphi)}{2 \cdot \cos \varphi} + h + \frac{c + \Delta c}{\gamma} \cdot \cot \varphi \right) + \gamma \cdot h \quad (4)$$

$$P_{gh} = \frac{\pi \cdot \gamma}{(\cot \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2})} \cdot \left(\frac{b \cdot (1 + \sin \varphi)}{2 \cdot \cos \varphi} + h + \frac{c + \frac{0,5412^{\Delta H} \cdot (0,1713R)}{2 \cdot \Delta H \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}}{\gamma} \cdot \cot \varphi \right) + \gamma \cdot h \quad (5)$$

3. Проверка предложенной формулы методом конечных элементов

Для оценки эффективности армирования георешёткой была разработана конечно-элементная модель мелкозаглублённого фундамента шириной $B=2,5$ м в программном комплексе Plaxis 2D (рис. 2). Параметры модели грунта и георешётки, использованные при численном моделировании, приведены на рис. 3 и рис. 4.

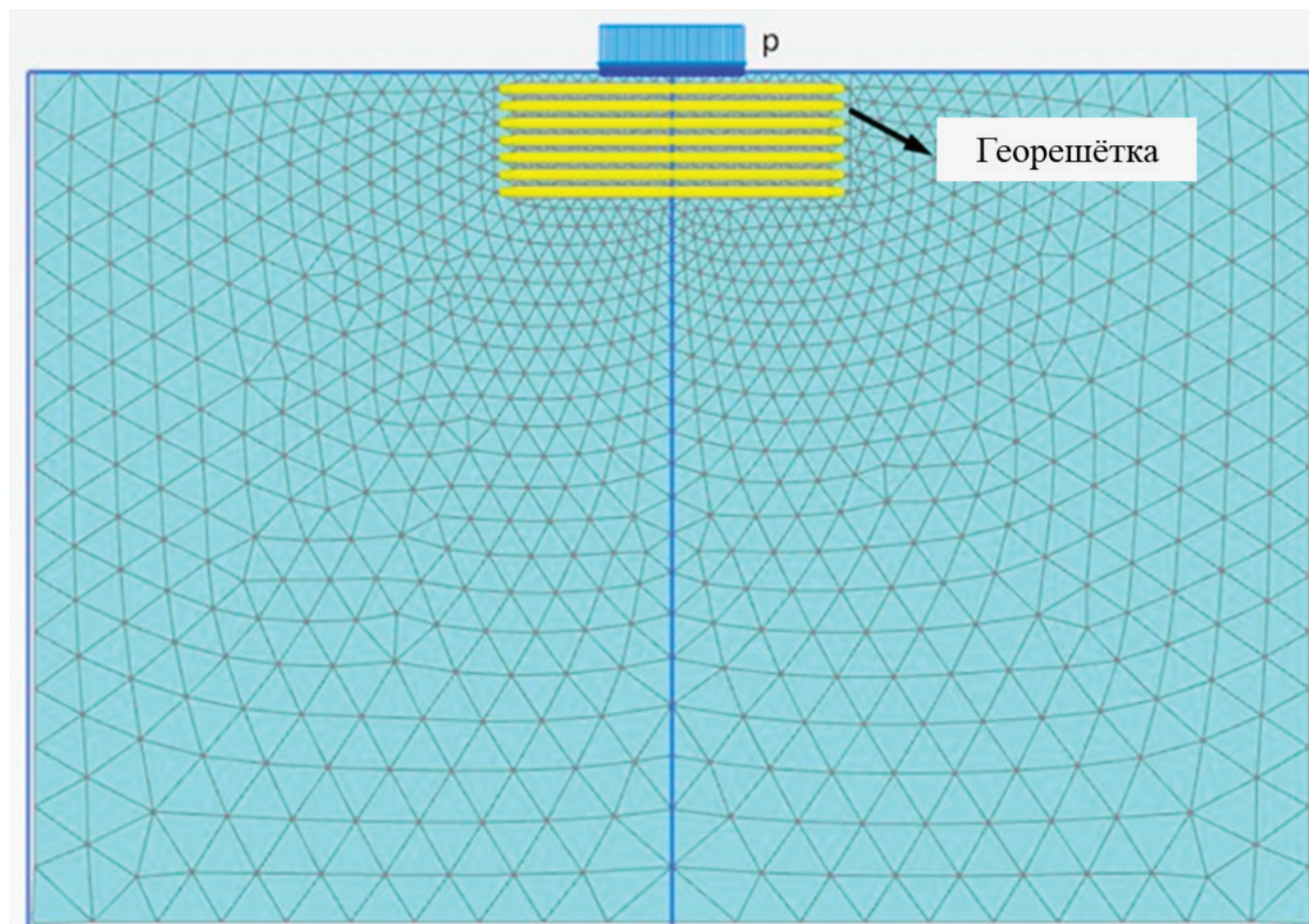


Рис. 2. Конечно-элементная модель мелкозаглублённого фундамента и расчётная сетка в Plaxis 2D

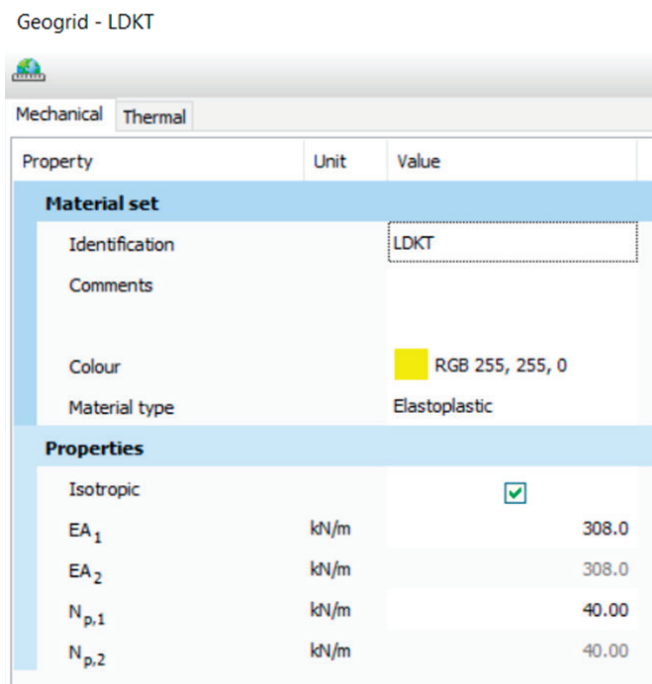


Рис. 3. Параметры георешётки, использованные при моделировании.

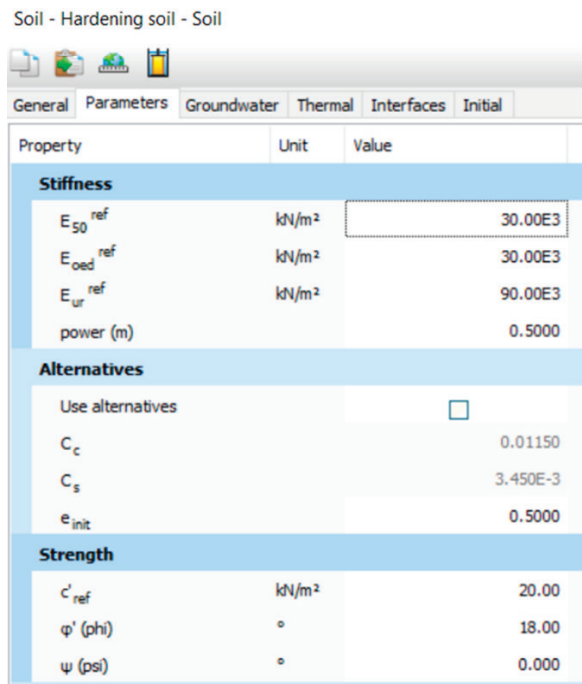


Рис. 4. Параметры модели грунта, использованные при моделировании.

Слои георешётки размещались с вертикальным шагом $\Delta H = 0,3$ м. Количество слоёв выбиралось таким образом, чтобы полностью охватить зону максимального развития пластических деформаций глубиной $z_{\max} = 1,72$ м (что соответствует 0,7В), определяемой по выражению Иаропольского. Такое расположение обеспечивает совпадение зоны армирования с областью действия основных касательных напряжений в основании под нагрузкой.

Численное моделирование выполнено для двух независимых случаев: неармированного основания и основания, армированного георешёткой. Полученные результаты по деформациям и предельной несущей способности представлены на рис. 5 и использованы для сравнения и оценки эффективности армирования георешёткой.

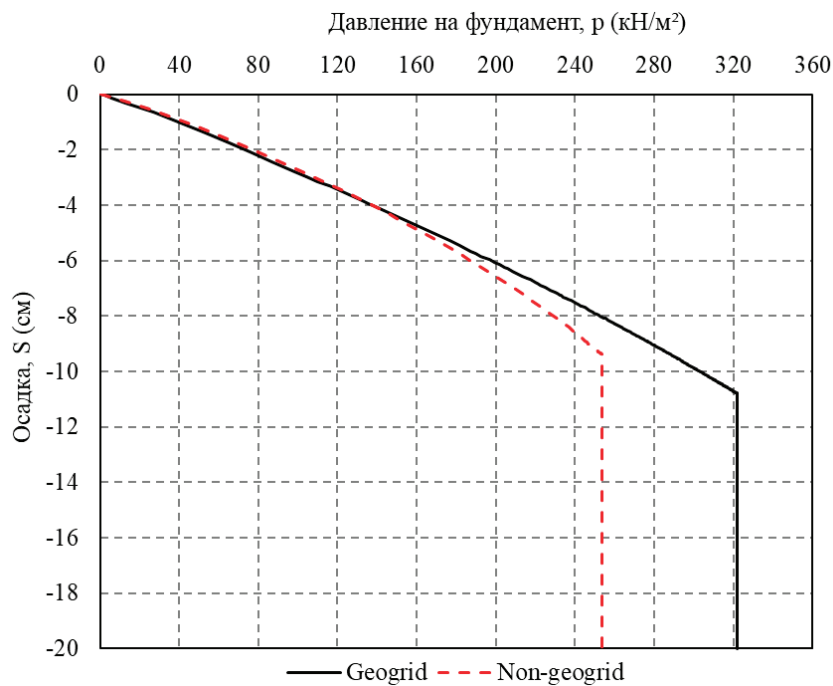


Рис. 5. Зависимость давления на фундамент от осадки

Как видно из рис. 6, пластические деформации концентрируются под подошвой фундамента и распространяются наклонно вглубь основания. Армирование георешёткой приводит к уменьшению размеров зоны пластических деформаций и их более равномерному распределению, препятствуя образованию сплошной поверхности скольжения по сравнению с неармированным основанием. Вследствие этого повышаются сопротивление грунта сдвигу и устойчивость наиболее нагруженной зоны основания.

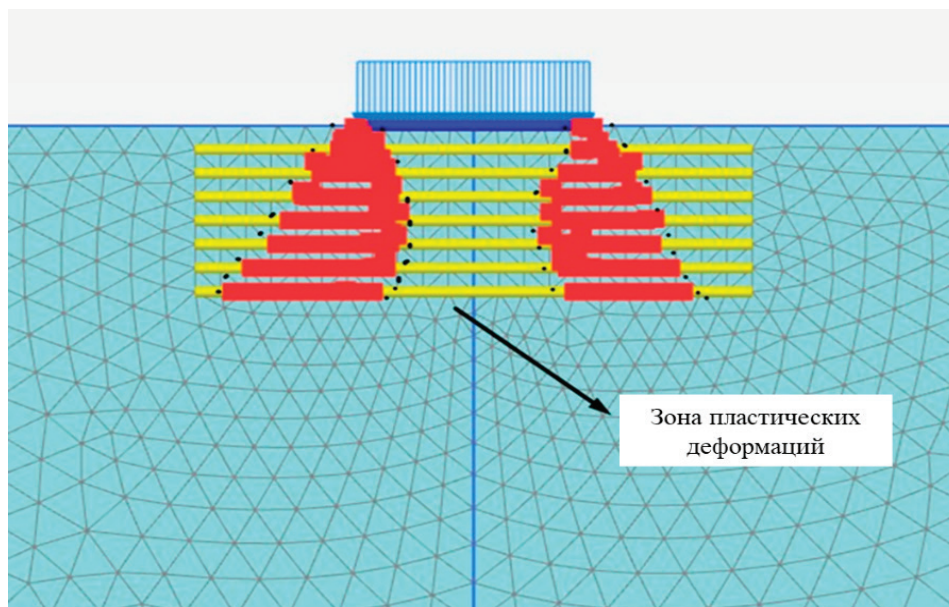


Рис. 6. Развитие зоны пластических деформаций в основании, армированном георешёткой

Таблица 1 содержит сравнение предельной несущей способности мелкозаглублённого фундамента, полученной двумя методами: по предложенной аналитической формуле и по результатам численного моделирования в Plaxis 2D.

Таблица 1. Сравнение предельной несущей способности мелкозаглублённого фундамента, определённой различными методами

Характеристика расчётной схемы	Предельная несущая способность фундамента (P_{gh} — кН/м ²)	
	Предложенная аналитическая формула (на основе решения Иаропольского)	Plaxis 2D
Фундамент без армирования георешёткой	247,31	253,30
Фундамент, армированный георешёткой	316,72	321,60

Полученные результаты показывают, что в обоих методах применение георешётки приводит к существенному увеличению предельной несущей способности фундамента. Для неармированного основания значения, полученные по предложенной аналитической формуле, хорошо согласуются с результатами численного моделирования. При армировании георешёткой прирост предельной несущей способности составляет около 27–28 %, что соответствует зависимости, представленной на рис. 5. Это подтверждает, что предложенная аналитическая формула адекватно описывает механизм работы мелкозаглублённого фундамента, армированного георешёткой, и может использоваться в качестве инструмента для оперативной оценки несущей способности на стадии предварительного проектирования.

4. Заключение

В работе предложена аналитическая формула для определения предельной несущей способности мелкозаглублённых фундаментов на основании, армированном георешёткой. Формула основана на концепции кажущегося сцепления и закономерности развития зоны пластических деформаций под подошвой фундамента. Она учитывает как физико-механические характеристики грунта, так и механические параметры георешётки, а также позволяет определить рациональную глубину армирования. Сравнение с результатами конечно-элементного моделирования в Plaxis 2D по-

казало хорошее совпадение результатов и незначительное расхождение, находящееся в пределах допустимой погрешности, что подтверждает достоверность предложенного метода. Благодаря простоте формула удобна для практического применения и может использоваться при предварительном проектировании фундаментов.

Литература:

1. Holtz, R. D., & Lee, W. F. (2002, January). Internal Stability Analyses of Geosynthetic Reinforced Retaining Walls (Research Report WA-RD 532.1). Washington State Department of Transportation.
2. Schlosser, F. & Long, N.T. (1973), Study of Behaviour of Reinforced Earth Materials, Annales de l Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Paris.
3. Hausmann M. R. (1976), Strength of Reinforced Earth, ARRB Proceedings, 8, ARRB Group, Melbourne, Australia.
4. Tiep P. D., Nam N. T., Hung T. N. & Trung N. T. Application of Nonlinear Regression Method To Calculate Apparent Cohesion of Reinforced Embankment By Geogrid Layers
5. Binquet, J., & Lee, K. L. (1975). Bearing capacity tests on reinforced earth slabs. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 101(GT12), 1241–1255.
6. Guido, V. A., Chang, D. K., & Sweeney, M. A. (1986). Comparison of geogrid and geotextile reinforced earth slabs. Canadian Geotechnical Journal, 23(4), 435–440.
7. Yetimoglu, T., Wu, J. T. H., & Saglam, A. (1994). Bearing capacity of rectangular footings on geogrid-reinforced sand. Journal of Geotechnical Engineering, 120(12), 2083–2089.
8. Shakir, M. W., Fattah, M. Y., & Salman, M. M. (2022). Bearing capacity of shallow foundation on geogrid-reinforced soil. AIP Conference Proceedings, 2609, 020123.
9. Hussain, I., Murtaza, G., Haider, S. U., Ahmad, M., & Hameed, A. (2024). Geogrid reinforcement for improving bearing capacity and stability of square foundations. Engineering, 10(1), 1–10.
10. Hou, Y., Ma, G., Zhang, M., & Chen, J. (2023). Bearing capacity and mechanism of the H–V geogrid-reinforced soil foundation. Materials, 16(11), 4032.

ЮРИСПРУДЕНЦИЯ

Анализ риска отсутствия механизмов денонсации (прекращения) договоров о создании интеграционных объединений на примере процесса денонсации Договора об образовании СССР

Агабекян Сумбат Витальевич, специалист первого разряда
ИФНС России № 15 по г. Москве

Статья посвящена правовому анализу процесса прекращения Договора об образовании Союза Советских Социалистических Республик от 30 декабря 1922 года. Прекращение существования СССР как субъекта международного права является аксиомой и не подлежит обсуждению ни в какой форме. Однако очевидно, что последствия распада СССР были катастрофическими не только для отдельных республик, но и для региона в целом. Вместе с этим неоднозначной остается оценка процесса прекращения Договора об образовании СССР. На мой взгляд, правильная организация такого процесса могла позволить частично, если не полностью, избежать понесенного ущерба. Данный вопрос имеет большое значение в свете развития интеграционных процессов на постсоветском пространстве в настоящее время.

В самом начале работы следует определить нормативно-правовую базу, приемлемую для анализа поставленных вопросов. В 1920-х годах не существовало единого и универсального документа, который системно регулировал бы все этапы от заключения договоров до прекращения их действия. В тот период данная отрасль международного права только формировалась — в основном в виде сложившихся на практике правил, которые государства признавали обязательными. Позже соответствующим документом станет принятая 23 мая 1969 года Венская конвенция о праве международных договоров. Ее положения и будут использоваться при анализе рассматриваемых процессов — как ввиду упомянутого отсутствия другого документа, так и по причине того, что денонсация Договора об образовании Союза Советских Социалистических Республик (далее — Договор 1922 года; союзный договор) пришлась на период, когда СССР уже был участником Венской конвенции (дата присоединения — 29 мая 1986 года).

Будет логичным вернуться к моменту, когда Российская Социалистическая Федеративная Советская Республика (РСФСР), Белорусская Социалистическая Советская Республика (БССР), Украинская Социалистическая Советская Республика (УССР) и Закавказская Социалистическая Федеративная Советская Республика (ЗСФСР в составе Грузии, Азербайджана и Армении) заключили союзный договор. Подписание состоялось 30 декабря 1922 года. Содержание документа представляет определенный интерес с точки зрения как международного, так и конституционного права, поскольку данный

договор должен был служить прообразом Конституции. Как полагает ряд историков, договор не утратил силы ввиду отсутствия в нем положений, которые ограничивали бы срок его действия. Согласно Венской конвенции 1969 года (статья 24) договор вступает в силу либо в дату, предусмотренную им самим, либо в момент подписания при том условии, что другие даты оговорены не были. Более того, в Конвенции говорится, что международный договор, который не содержит положений о денонсации или выходе из него, прекращает свое действие для стороны, пожелавшей выйти, только через 12 месяцев после ее официального заявления (статья 56). Следовательно, правовой статус Договора 1922 года на момент подписания в 1991 году Соглашения о создании Содружества Независимых Государств (Беловежские соглашения) можно определить как действующий, поэтому денонсация договора, а также прекращение должны были производиться в порядке, определенном в статье 56 Венской конвенции.

Стоит оговориться, что выйти из состава СССР могли все республики, тем не менее вопрос о прекращении Договора 1922 года могли поднять только республики, участвовавшие в его подписании. Данный вывод косвенно следует из положений Соглашения о создании Содружества Независимых Государств, где право Республики Беларусь, Российской Федерации и Украины на прекращение существования СССР объясняется статусом государства-учредителя. Подробно вопрос прекращения договора и его денонсации будет рассмотрен позднее.

Осветим ряд моментов, связанных с суверенитетом бывших союзных республик. В своих работах П. П. Кремнев полагает, что республики суверенитетом не обладали, но УССР и БССР были исключением из правила [1, с. 28]. Позволю себе выдвинуть тезис: это исключение связано с тем, что УССР и БССР были участниками союзного договора и закономерно взаимодействовали с СССР с более сильных позиций. То есть их суверенитет был определен союзным договором. Доказывается это тем, что в их случае право выхода из союзного договора не предполагало выпуска дополнительных нормативно-правовых актов, которые регулировали бы порядок, и определялось лишь волей республики, пожелавшей выйти, что отличается от усложненного порядка выхода республик, не являвшихся участницами Договора 1922 года.

Вернемся к Венской конвенции. Согласно ее определению, многосторонний договор действителен до тех пор, пока сохраняет силу хотя бы для двух сторон. Одной из сторон Договора 1922 года была ЗСФСР, которую впоследствии упразднили в связи с принятием новой Конституции СССР 1936 года. Поскольку взаимоотношения стран-участниц лежат в плоскости международного права, рассмотрим подробнее вопрос правопреемства ЗСФСР. Денонсировала ли эта республика союзный договор в период своего упразднения в 1936 году? А если нет, то как решался вопрос правопреемства в этом договоре? Это нигде не определено, хотя, с моей точки зрения, вопрос достаточно важный. Если республики ЗСФСР являются ее правопреемниками, то заявленное в Беловежских соглашениях 1991 года прекращение существования Союза ССР как субъекта международного права и геополитической реальности без учета мнения как минимум еще одной стороны Договора 1922 года нельзя считать бесспорным.

Для ответа на данный вопрос следует рассмотреть механизм денонсации международного договора. Строго говоря, это слово выбрано не случайно. Венская конвенция 1969 года позволяет выделить следующие способы прекращения действия договора в общем смысле: прекращение, выход, денонсацию. А. Н. Талалаев утверждает, что понятия «выход из договора» и «денонсация» юридически тождественны и подразумевают возможность государства выйти в любое время с согласия всех участников по консультации с прочими договаривающимися государствами (статьи 42, 54 Конвенции) [2, с. 150]. Сама Венская конвенция выделяет два случая прекращения прав и обязанностей, установленных международным договором: в одном случае — в рамках соответствующих положений расторгаемого договора или по взаимной договоренности всех его участников (статья 54), в другом — при установленном намерении допустить возможность денонсации или выхода, а также когда характер договора позволяет сделать вывод о возможности выхода из него (статья 56). То есть второй случай регулирует ситуацию, при которой положения о выходе из договора или прекращении договора не регламентированы самим договором. В данной работе видится справедливым под прекращением дого-

вора понимать прекращение прав и обязанностей по договору для всех его участников одновременно в рамках установленного порядка, за исключением случаев, определяемых статьей 56 Венской конвенции. Вместе с тем под выходом из договора (денонсацией) следует подразумевать процесс одностороннего отказа стороны договора от своих прав и обязанностей по договору согласно установленному порядку, за исключением случаев, определяемых статьей 56 Венской конвенции.

В Договоре 1922 года вопросу денонсации посвящен пункт 26, закрепивший как право на выход, так и механизм денонсации такого договора: за каждой из республик сохраняется право свободного выхода. Вопрос прекращения Договора об образовании СССР в документе не рассматривался. В таком случае возможно ли сделать вывод о прекращении Договора 1922 года по взаимной договоренности его участников на основании статьи 54 Венской конвенции? При ответе на этот вопрос следует учитывать, что Белоруссия, Россия и Украина, хотя и могли лишь денонсировать договор, приняли решение о его прекращении, в том числе и для других его участников (решения других союзных республик-учредительниц о пребывании в составе СССР могли быть иными, если бы такие республики были допущены к обсуждению вопроса).

Венская конвенция о праве международных договоров говорит о том, что в вопросе правопреемства государств принцип *pacta sunt servanda* является основополагающим, следовательно, в случае разделения государственного образования договор остается в силе для новообразованных государств в равной степени, если не было оговорено иного. Для этого необходимо уведомление о правопреемстве. В доступных источниках ни уведомления о правопреемстве, ни сведений о какой-либо другой деятельности ЗСФСР как субъекта международного права найти не удалось, из чего понятно, что ЗСФСР представляла собой субъект, созданный лишь для взаимодействия с СССР. Однако от этого международно-правовая роль субъекта сама по себе умалаться не может. На мой взгляд, справедливым будет считать каждое государство ЗСФСР членом международного договора хотя бы по той причине, что ни одно из них не денонсировало международный договор, а их правопреемство было выражено не в форме отдельного уведомления, а в форме сохранения членства в СССР.

Подводя итог, следует отметить, что по состоянию на конец 1991 года учредителями Договора об образовании СССР числились Грузинская, Армянская, Азербайджанская, Белорусская, Украинская ССР и РСФСР. Поскольку 30 декабря 1991 года решение о признании Союза ССР прекратившим существование приняли лишь три республики, на определенный промежуток времени Договор 1922 года все еще сохранял действие для республик бывшей ЗСФСР. Таким образом, в 1991 году произошла именно денонсация Договора об образовании Союза Советских Социалистических Республик тремя отдельными республиками на основании пункта 26 того же договора. Вопрос соблюдения принципов свободного согласия при

его прекращении следует считать неоднозначным ввиду игнорирования позиции иных республик-учредительниц.

Договор 1922 года стал ярчайшим примером реализации теории федерализма в контексте международной интеграции. Причинами такого явления послужили как экономические, так и социокультурные факторы. Вместе с этим при развитии интеграционных процессов на постсоветском пространстве следует принимать во внимание главный просчет, допущенный при проекти-

ровании и принятии Договора 1922 года, а именно: отсутствие четкой регламентации прекращения договора или выхода из него автоматически не гарантирует нерушимости интеграционного объединения, а лишь оставляет пространство для спорных случаев и провокаций, способных кардинально изменить баланс сил в целом регионе. Интеграционное объединение будущего должно иметь сильную нормативно-правовую базу, создающую гарантии безопасности для всех ее членов.

Литература:

1. Кремнев П. П. Международно-правовые проблемы, связанные с распадом СССР: диссертация ... доктора юридических наук: 12.00.10 / П. П. Кремнев. — М., 2010. — 352 с. — Место защиты: Рос. ун-т дружбы народов. — Текст: непосредственный.
2. Талалаев А. Н. Венская конвенция о праве международных договоров: комментарий / А. Н. Талалаев. — М.: Юрид. лит., 1997. — 333, [2] с. — Текст: непосредственный.

Криминалистические аспекты обеспечения информационной безопасности

Аргун Леон Вианорович, студент магистратуры

Научный руководитель: Завьялов Владимир Александрович, кандидат юридических наук, доцент
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

В условиях стремительной цифровизации общественных отношений информационная безопасность приобретает значение не только как техническая или организационная категория, но и как самостоятельный объект правовой охраны. Информация сегодня выступает ресурсом, от которого зависит функционирование органов публичной власти, бизнеса, научной и образовательной сферы, а также повседневная жизнедеятельность граждан. Именно поэтому любые посягательства на информацию, от неправомерного доступа до уничтожения, модификации или распространения сведений, затрагивают не частный, а публично значимый интерес. Актуальность темы обусловлена тем, что развитие цифровых технологий расширяет не только возможности обмена и хранения данных, но и способы совершения противоправных действий. Преступления в информационной сфере становятся более сложными по механизму совершения, более латентными по внешним проявлениям и более трудными для выявления, фиксации и доказывания. В этих условиях традиционных правовых средств оказывается недостаточно, требуется комплексный подход, в котором правовые, организационные, технические и криминалистические меры дополняют друг друга. В данной статье проведен анализ криминалистических аспектов обеспечения информационной безопасности и защиты информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, криминалистическое обеспечение, цифровизация.

В российском праве категория информационной безопасности формируется на пересечении конституционно-правовых, административных, уголовно-правовых и специальных информационно-правовых норм. В общем виде информационная безопасность понимается как состояние защищенности личности, общества и государства, при котором обеспечиваются сохранность информации, ее доступность для законных пользователей, а также конфиденциальность и целостность. При таком подходе охрана информации не сводится к предотвращению утечки данных, она охватывает более широкий комплекс отношений, связанных с использованием, обработкой, хранением и передачей информации. Для правового анализа важно различать информационную безопасность и защиту информации. Первая категория имеет

более широкий характер и отражает общее состояние защищенности информационной среды. Вторая же выражает совокупность конкретных мер, направленных на предотвращение угроз, устранение последствий инцидентов и минимизацию риска неправомерного вмешательства. Иначе говоря, защита информации является инструментальной стороной обеспечения информационной безопасности. Такое разграничение позволяет точнее определить границы правового регулирования и выбрать надлежащие средства противодействия угрозам. [1]

Следует также учитывать, что информация выступает не только объектом права, но и объектом возможного преступного посягательства. Ее особенность состоит в нематериальной природе и высокой зависимости от формы фиксации, технической среды и каналов пере-

дачи. В результате посягательство на информацию может выражаться не в физическом воздействии на вещь, как это характерно для традиционных имущественных преступлений, а в несанкционированном копировании, блокировании доступа, искажении массива данных, либо в их незаконном распространении. Именно эта специфика обуславливает необходимость особых средств защиты.

В действующем законодательстве предусмотрены общие ориентиры информационной безопасности, например, положения Конституции Российской Федерации о праве каждого свободно искать, получать, передавать, производить и распространять информацию любым законным способом, а также нормы Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», которые закрепляют базовые требования обращения с информацией и ее защиту.

Криминалистическое обеспечение защиты информации следует понимать как систему научно обоснованных положений, средств, приемов и рекомендаций, направленных на выявление, предупреждение, пресечение и расследование преступлений, совершаемых в информационной сфере. При этом криминалистика не подменяет собой ни техническую безопасность, ни правовое регулирование. Ее задача состоит в том, чтобы приспособить свои познавательные и практические возможности к особенностям цифровой среды, где следы преступления имеют специфическую природу и нередко существуют в нестабильной форме.

В научной литературе справедливо отмечается, что развитие информационно-коммуникационных технологий требует формирования особых криминалистических подходов, поскольку классические модели расследования не всегда эффективно работают в условиях распределенных сетей, удаленного доступа и анонимизации действий пользователя. Это означает, что криминалистическое обеспечение в данной сфере должно включать не только методы фиксации цифровых следов, но и рекомендации по взаимодействию следователя со специалистом, по организации осмотра электронных носителей, по изъятию данных с соблюдением процессуальных требований и по последующему исследованию цифровой информации. Специальные криминалистические познания необходимы уже на стадии предупреждения преступлений. Если правовые нормы устанавливают запрет, а технические средства ограничивают несанкционированный доступ, то криминалистика позволяет выстроить систему выявления типичных способов преступного поведения и предупредить реализацию угрозы на раннем этапе. В этом смысле речь идет не только о реакции на уже совершенное деяние, но и о формировании модели криминалистически обоснованной профилактики, основанной на анализе следовой картины, способов сокрытия данных и повторяющихся механизмов противоправного воздействия.

Криминалистические средства и методы защиты информации можно условно разделить на несколько групп: 1)

меры, связанные с обнаружением и фиксацией цифровых следов, например, осмотр устройств, копирование информации, анализ журналов событий, исследование сетевой активности, 2) организационно-процессуальные приемы, обеспечивающие надлежащую работу с электронными доказательствами и исключающие их утрату либо искажение, 3) экспертные методы, позволяющие установить факт модификации данных, способ проникновения в систему, источник передачи информации или характер используемого программного обеспечения. [2]

Важно подчеркнуть, что эффективность защиты информации зависит от совокупности средств. Технические меры сами по себе не устраняют правовую неопределенность, а правовые запреты без надлежащей фиксации и исследования цифровых следов часто оказываются недостаточными для привлечения виновного к ответственности. Отсюда следует вывод о необходимости комплексного подхода, при котором информационная безопасность обеспечивается одновременно на нормативном, организационном, техническом и криминалистическом уровнях.

Таким образом, криминалистическое обеспечение защиты информации представляет собой важнейший элемент общей системы противодействия преступлениям в цифровой среде. Его значение состоит в том, что оно переводит охрану информации из сферы абстрактного запрета в сферу практической реализации, где учитываются особенности цифровых следов, динамика преступного поведения и потребности доказывания. Именно поэтому исследование криминалистических аспектов информационной безопасности имеет не только теоретическое, но и выраженное прикладное значение.

Одной из наиболее значимых угроз информационной безопасности остается несанкционированный доступ к информации. Его опасность состоит не только в самом факте проникновения в систему, но и в последующих действиях злоумышленника, которые могут выражаться в копировании, изменении, удалении либо передаче сведений третьим лицам. В правовом смысле подобное поведение нарушает установленный режим доступа к информации и затрагивает интересы собственника, законного владельца или иного уполномоченного лица, для которого сохранность данных имеет самостоятельную ценность. При этом, несанкционированный доступ редко выступает как изолированное явление. Как правило, он является лишь начальным этапом более сложного противоправного сценария. Получив доступ к системе, лицо может использовать учетные данные, внедрять вредоносные программы, подменять сведения или удалять следы своей активности. Поэтому при анализе угроз важно учитывать не только способ проникновения, но и весь дальнейший цикл криминального воздействия на информацию. [3]

Существенное место среди угроз занимает вредоносное программное воздействие. В современных условиях оно может принимать различные формы, например, внедрение программ, препятствующих нормальной работе информационной системы, шифрование данных с целью

вымогательства, скрытое перехватывание сведений, модификацию файлов и логов, дистанционное управление зараженным устройством. Принципиально важно, что подобные действия нередко совершаются незаметно для пользователя и обнаруживаются уже тогда, когда последствия становятся значительными. Именно латентность такого рода посягательств делает их особенно опасными для расследования. Наряду с этим, к числу базовых угроз относятся утечка, подделка, уничтожение и блокирование информации. Утечка данных подрывает конфиденциальность и может повлечь ущерб как имущественного, так и репутационного характера. Подделка информации опасна тем, что искажает фактическую основу принятия решений, причем последствия могут проявляться как в коммерческой, так и в публично-правовой сфере. Уничтожение и блокирование информации, в свою очередь, способны парализовать работу учреждения, сорвать исполнение обязанностей или затруднить реализацию прав граждан. Таким образом, вред от посягательства на информацию определяется не только объемом утраченных сведений, но и их функциональным значением.

Отдельного внимания заслуживает использование цифровых каналов для сокрытия следов преступления. Развитие сетевых технологий позволяет преступнику маскировать источники соединения, удаленно стирать данные, быстро перемещать информацию между устройствами и использовать распределенные сервисы хранения. В результате следы преступления становятся фрагментарными, разнесенными по разным техническим объектам и нередко труднодоступными для непосредственного обнаружения. В таких условиях расследование требует уже не формального осмотра устройства, а понимания цифровой среды как целостной системы, где каждая операция оставляет следы в нескольких взаимосвязанных местах. Если говорить о криминалистических особенностях выявления и расследования преступлений в сфере информационной безопасности, то прежде всего следует отметить специфическую природу следов. В отличие от традиционных преступлений, где следы чаще имеют материально-вещественный характер, здесь значительная их часть существует в виде цифровых данных, например, журналов событий, метаданных, сетевой активности, сообщений, копий файлов, временных меток, записей об авторизации. Эти сведения могут быть незаметны для неподготовленного лица, но именно они позволяют восстановить последовательность действий, установить используемые устройства и определить круг причастных лиц. [4]

Отсюда вытекает важная процессуальная проблема, обусловленная тем, что цифровые следы крайне уязвимы, они могут быть быстро изменены, уничтожены или утрачены при неправильном обращении. По этой причине фиксация, изъятие и исследование цифровой информации требуют особой аккуратности и строгого соблюдения процессуальных правил. На практике это означает необходимость своевременного осмотра электронных носителей, правильного копирования данных, исключения

несанкционированного доступа к носителю после изъятия и документирования всех действий, совершенных с объектом исследования.

Значение криминалистического обеспечения и использования специальных познаний в таких делах трудно переоценить. Компьютерно-техническая экспертиза позволяет установить не только факт наличия вредоносного воздействия, но и механизм его реализации, способ проникновения в систему, характер модификации файлов, источник передачи данных либо признаки скрытого администрирования. Иногда именно экспертное исследование делает возможным переход от предположения о преступлении к доказанному выводу о том, каким образом оно было совершено. В этом смысле эксперт выступает не вспомогательной фигурой, а полноценным участником формирования доказательственной базы. Помимо проведения экспертиз при расследовании подобных деяний почти всегда требуется привлечение специальных знаний в области информационной безопасности, сетевых технологий, администрирования систем, анализа программного кода. Это связано с тем, что криминалистическая картина цифрового преступления формируется на стыке нескольких дисциплин. Следователь должен не только понимать юридическую квалификацию содеянного, но и ориентироваться в технических признаках инцидента, иначе существует риск утратить важные сведения либо неверно интерпретировать цифровые артефакты. [5]

Проблемы доказывания в подобных делах во многом обусловлены тем, что цифровые данные легко изменяемы и нередко зависят от условий хранения, настроек системы и работы программного обеспечения. Возникает вопрос об их допустимости, относимости и достоверности. Кроме того, следует учитывать, что один и тот же технический след может иметь несколько объяснений, и без комплексного анализа нельзя с уверенностью связывать его именно с преступным воздействием. Поэтому в научной литературе обоснованно подчеркивается необходимость сочетания процессуальных, технических и экспертных средств доказывания.

Сложности обусловлены и тем, что значительная часть цифровых преступлений носит трансграничный характер. Серверы, каналы связи, облачные хранилища и пользовательские устройства могут находиться в разных юрисдикциях. Это усложняет не только установление места совершения деяния, но и получение необходимой информации. В результате расследование приобретает характер последовательного восстановления цепочки действий, где каждое звено должно быть подтверждено надежными и проверяемыми данными. [6]

Таким образом, основные угрозы информационной безопасности и криминалистические особенности расследования цифровых преступлений образуют тесно связанную систему. Чем сложнее становятся способы посягательства на информацию, тем более точными, научно обоснованными и процессуально выверенными должны быть средства реагирования. Именно поэтому кримина-

листическое обеспечение в данной сфере следует рассматривать не как вспомогательное направление, а как необходимое условие эффективной защиты информации. Профилактика преступлений в сфере информационной безопасности не может сводиться только к установке технических средств защиты. Такой подход, хотя и необходим, сам по себе не дает устойчивого результата, поскольку значительная часть инцидентов связана не с уязвимостью программного обеспечения как такового, а с человеческим фактором, организационными просчетами и недостаточной дисциплиной обращения с информацией. Отсюда вытекает более широкий взгляд на профилактику, в котором правовые, технические и поведенческие меры взаимно дополняют друг друга.

Криминалистическая профилактика представляет собой деятельность, направленную на выявление условий, способствующих совершению преступлений, и на устранение либо ослабление этих условий. Она ориентирована на предупреждение противоправного поведения до того, как будет причинен вред. При этом, ее практическая ценность состоит в том, что она позволяет работать не только с последствиями, но и с причинами, т. е. небрежным обращением с паролями, отсутствием регламентов доступа, слабым контролем за действиями пользователей, недостаточной фиксацией событий в информационных системах. Организационные и технические меры предупреждения занимают в этой системе центральное место. К числу таких мер относятся разграничение прав доступа, регулярное обновление программного обеспечения, резервное копирование данных, использование средств аутентификации, мониторинг сетевой активности, журналирование действий пользователей и контроль за внешними носителями. Однако эффективность этих мер зависит не только от их наличия, но и от того, насколько последовательно они применяются. Формальное внедрение средств защиты без реального контроля создает лишь видимость безопасности, а потому не решает проблему по существу. [7]

Не менее важным направлением является повышение цифровой грамотности и обучение персонала. На практике именно пользователь нередко оказывается слабым звеном системы защиты, поскольку совершает действия, которые внешне выглядят безобидно, но фактически открывают путь к компрометации данных. Речь идет о переходе по вредоносным ссылкам, передаче конфиденциальных сведений через незащищенные каналы, использовании простых паролей, игнорировании правил хранения информации. Следовательно, профилактика должна включать не только инструктаж, но и устойчивое формирование навыков безопасного поведения в цифровой среде. Особое значение имеет взаимодействие между специалистами, следствием и экспертами. При расследовании преступлений в сфере информационной безопасности разрыв между техническим и юридическим пониманием происшедшего способен привести к утрате доказательств или неправильной квалификации содеянного. Поэтому уже на ранней стадии требуется согласованная работа следо-

вателя, специалиста в области информационных технологий и судебного эксперта. Такая координация позволяет своевременно зафиксировать цифровые следы, определить их процессуальный статус и избежать ошибок, которые впоследствии трудно исправить.

Несмотря на развитие правового регулирования, действующий механизм защиты информации нельзя назвать полностью завершенным. Его слабые места проявляются, прежде всего, там, где сталкиваются быстро меняющиеся технологии и относительно стабильные правовые конструкции. Законодательство фиксирует общие запреты и обязанности, но не всегда успевает за новыми способами посягательства. В результате возникает расхождение между нормативной моделью охраны и реальными угрозами, которые постоянно трансформируются. Сложности возникают и на уровне квалификации преступлений. Цифровые деяния нередко сочетают признаки нескольких составов, а их фактическая сторона может быть скрыта за техническими операциями, внешне не воспринимаемыми как противоправные. Из-за этого следователь и суд нередко вынуждены опираться на экспертные выводы и сложные технические данные, что увеличивает нагрузку на процесс доказывания. Дополнительную трудность создает и то обстоятельство, что цифровые следы могут быть неполными, фрагментарными или быстро исчезающими. [8]

Отсюда вытекает необходимость обновления криминалистических методик. Преступления, совершаемые с использованием компьютерной информации, уже нельзя эффективно исследовать исключительно в рамках традиционных представлений о следственной ситуации. Требуются более гибкие методики, которые учитывали бы сетевой характер взаимодействия, удаленный доступ, облачные технологии, а также распространенность анонимизирующих инструментов. В научной литературе справедливо указывается на целесообразность разработки обобщенных частных криминалистических методик для преступлений, связанных с использованием компьютерной информации. Перспективным направлением представляется и дальнейшее развитие частной криминалистической теории, связанной с информационной и компьютерной поддержкой расследования преступлений. Подобный подход позволяет систематизировать знания о закономерностях возникновения, сохранения и использования цифровой информации в уголовном процессе. Его значение состоит в том, что он соединяет теоретическое осмысление с практической задачей, обеспечить расследование надежной и воспроизводимой информационной базой. [9]

Проведенное рассмотрение позволяет сделать вывод, что информационная безопасность в современных условиях не может обеспечиваться только средствами технической защиты или общими правовыми запретами. Угроза со стороны цифровых преступлений требует комплексного ответа, в котором важное место занимают криминалистические подходы. Именно они позволяют свое-

временно выявлять следы противоправного воздействия, правильно фиксировать цифровую информацию, использовать специальные знания и выстраивать доказательственную основу по делу. Значение криминалистических методов заключается не только в их прикладной пользе, но и в том, что они связывают воедино профилактику, выявление, расследование и предупреждение преступлений. В этом смысле криминалистика выступает не вспомогательным элементом, а одним из ключевых механизмов обеспечения информационной безопасности.

Следовательно, эффективная защита информации возможна лишь при комплексном подходе. Он должен включать совершенствование законодательства, развитие организационных и технических мер, повышение цифровой грамотности, укрепление взаимодействия между следствием и экспертным сообществом, а также дальнейшую разработку криминалистических методик. Только при таком сочетании можно рассчитывать на реальное, а не формальное обеспечение безопасности информации в условиях цифровой среды.

Литература:

1. Тисен О. Н. Методика обнаружения, фиксации и изъятия электронно-цифровых следов по делам о преступлениях, совершенных с использованием криптовалют // Уголовное право. 2024. № 3. С. 69–80.
2. Багмет А. М., Бычков В. В., Скобелин С. Ю., Ильин Н. Н. Цифровые следы преступлений: Монография. М.: Проспект, 2021. С. 168.
3. Бояркина Л. А., Бояркин В. В. Цифровой след и цифровая тень как производные персональных данных // Сборники конференций НИЦ «Социосфера». 2016. № 62. С. 79.
4. Никишин В. Д. Цифровые и речевые следы в аспекте обеспечения информационной (мировоззренческой) безопасности в интернет-среде // Судебная экспертиза. 2020. № 1. С. 132.
5. Россинская Е. Р., Рядовский И. А. Концепция цифровых следов в криминалистике // Аубакировские чтения: Материалы международной научно-практической конференции. Алматы. 2019. С. 7.
6. Бычков В. В., Вехов В. Б. Электронное следообразование преступной деятельности в сети Интернет // Расследование преступлений: проблемы и пути их решения. 2020. № 1. С. 106–111.
7. Буйнов Д. О. Виды цифровых следов преступлений в сфере экономической деятельности и особенности их исследования экспертом // Актуальные проблемы российского права. 2022. № 11. С. 140–148.
8. Амелин Р. В., Чаннов С. Е. Эволюция права под воздействием цифровых технологий. Москва: НОРМА, 2023. 280 с.
9. Богатырев К. М. Формирование частной теории использования специальных знаний в целях обеспечения информационно-мировоззренческой безопасности в цифровой среде // Актуальные проблемы российского права. 2021. № 10. С. 124–134.

Специальные психофизиологические исследования с применением полиграфа: методики, ошибки и правовое значение

Баженова Алиса Сергеевна, студент магистратуры
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

В статье исследуется применение специальных психофизиологических исследований с использованием полиграфа в современной юридической практике. Цель работы — проанализировать доказательственную ценность результатов полиграфных проверок, выявить ключевые факторы, влияющие на достоверность выводов, а также обозначить правовые и методические ограничения их использования.

Методологическую основу исследования составили анализ нормативно-правовых актов, обобщение судебной и внесудебной практики, изучение научных позиций, а также рассмотрение методических стандартов проведения психофизиологических исследований. Особое внимание уделено роли квалификации полиграфолога, корректности формулировок вопросов и учёту медицинских и психологических противопоказаний (например, при шизофрении).

Основные результаты исследования подтверждают, что данные полиграфа не могут рассматриваться как самостоятельное доказательство в уголовном процессе: они носят ориентирующий характер и служат для проверки следственных версий либо используются во внепроцессуальной деятельности (кадровые проверки, внутренние расследования). Существенное влияние на надёжность результатов оказывают как технические аспекты, так и человеческий фактор — в частности, ошибки при подготовке и интерпретации данных.

Выводы статьи подчёркивают необходимость строгой методической и процессуальной регламентации полиграфных исследований. Только при соблюдении единых стандартов, учёте противопоказаний и высоком уровне профессиональной

подготовки специалиста возможно минимизировать риски ошибочных выводов и обеспечить корректное применение метода в правовой сфере.

Ключевые слова: полиграф, психофизиологическое исследование, средства доказывания, полиграфолог, достоверность результатов, правовое регулирование, методика тестирования.

В современной юридической практике, помимо традиционных средств доказывания, к которым можно отнести показания свидетелей, письменные и вещественные доказательства, аудио- и видеозаписи, существует возможность использования специальных психофизиологических исследований, в частности проверок с применением полиграфа. С каждым годом тенденция по внедрению проверок с использованием полиграфа растёт не только в государственных системах по всему миру, но также активно практикуется в частных организациях и крупных корпорациях.

Полиграф (так называемый детектор лжи) — это прибор, который непрерывно отслеживает психофизиологические реакции человека на заданные вопросы (измеряет кровяное давление, частоту пульса, влажность кожи, частоту дыхания, и др.) и позволяет судить о степени правдивости или ложности ответов на них [1].

Проведение специальных психофизиологических исследований с применением полиграфа подразумевает под собой не только фиксацию физиологических реакций человека (дыхание, сердечнососудистая активность и др.) в ответ на задаваемые вопросы, но и анализ общего поведения исследуемого лица.

Основная цель проведения проверки — выявить признаки эмоционального напряжения, связанного с осведомлённостью лица о проверяемых обстоятельствах. Основную роль при проведении проверки играет не только оборудование, но и профессиональная подготовка специалиста. В ходе специального психофизиологического исследования специалист выполняет комплекс критически важных задач, выходящих за рамки работы с прибором.

Одним из важных этапов можно назвать подготовку к процедуре проведения исследования. Полиграфолог определяет круг проверяемых обстоятельств, формулирует вопросы, подбирает методику тестирования (например, тест контрольных вопросов либо тест на знание виновного), учитывает индивидуальные особенности испытуемого.

Во время предтестовой беседы специалист снижает ситуативную тревожность, разъясняет процедуру, фиксирует состояние лица, выявляет возможные факторы, искажающие реакции (болезнь, приём препаратов, сильное утомление).

Также основной задачей специалиста является отслеживание не только графиков, но и невербальных реакций, а также технических сбоев и внешних помех. Именно он решает, какие фрагменты записи пригодны для анализа, а какие искажены и должны быть исключены.

Интерпретация полиграмм — это не автоматическое считывание «лжи», а сопоставление паттернов реакций

с контекстом, выявление устойчивых закономерностей и формулирование выводов с указанием степени их достоверности.

Важно понимать, что полиграф не выдаёт специалисту все сведения о скрываемой информации. Так называемый «детектор лжи» лишь фиксирует реакции; основная работа по выявлению правды возложена на полиграфолога. Низкий уровень квалификации и подготовки влияет на количество ошибок, которые, в свою очередь, снижают значимость проведения исследования.

Для более ясного понимания в качестве примера можно привести игнорирование медицинских и психологических противопоказаний к проверке и составление неверной формулировки вопросов, провоцирующих ложные реакции.

Мало кто знает, но людям с таким психическим расстройством, как шизофрения, крайне рискованно и даже не рекомендовано проходить полиграфную проверку. Это связано с тем, что при шизофрении часто возникают особенности, которые напрямую мешают получить и корректно интерпретировать данные, одной из которых является нарушение мышления и восприятия. Бредовые идеи, галлюцинации или сильно искажённое восприятие реальности могут приводить к тому, что человек реагирует на вопросы не так, как ожидается в рамках методики. Его реакции будут отражать не столько попытку скрыть информацию, сколько особенности психического состояния.

Некорректная постановка вопросов — одна из самых распространённых и при этом критичных ошибок в практике проведения исследований. Поскольку полиграф регистрирует не «ложь», а физиологические реакции на стимул, именно вопрос выступает тем самым стимулом: его формулировка напрямую определяет, какая эмоция и какой стресс будут запущены у испытуемого.

К типичным ошибкам при составлении вопросов для полиграфной проверки можно отнести:

1. Наводящие вопросы, заранее предполагающие факт сокрытия информации.
2. Многозначность и неоднозначность формулировок. Вопрос должен иметь только одну трактовку, иначе реакция будет отражать напряжение из-за неопределённости, а не отношение к проверяемому факту.
3. Объединение нескольких фактов в одном вопросе, такой вопрос не позволит определить по какому именно факту была зафиксирована реакция.

Помимо ошибок, связанных с непосредственным проведением исследования, специалист также должен быть подготовлен юридически.

Так при проведении полиграфных проверок в коммерческой организации исследуемому лицу должно быть предоставлено согласие на обработку персональных данных,

согласно ст. 9 Федерального Закона № 152-ФЗ «О персональных данных» [2] (далее — ФЗ «О персональных данных») и ст. 86 Трудового кодекса Российской Федерации [3] (далее — ТК РФ). В случае с коммерческими организациями, при проведении кадрового скрининга необходимо урегулировать положением о применении полиграфа, в котором будут прописаны «правила» проведения такого рода проверок.

Важно учитывать, что в российском законодательстве нет отдельного нормативного акта, прямо регламентирующего применение полиграфа в организациях; правовая база строится на общих положениях Конституции Российской Федерации, ТК РФ, ФЗ «О персональных данных» и иных актах, а конкретные правила использования полиграфа закрепляются на локальном уровне.

В соответствии с практикой, отражённой в материалах системы КонсультантПлюс (в т. ч. в типовых формах и разъяснениях экспертов по состоянию на 2026 год), положение о применении полиграфа в организации должно предусматривать, что проверка проводится исключительно на добровольной основе — с письменного согласия работника или кандидата на должность [3]. Такое согласие должно включать разъяснение права лица отказаться от проверки либо прекратить её в любой момент,

а также содержать перечень вопросов, планируемых к постановке в ходе исследования. При этом результаты полиграфной проверки носят рекомендательный характер, не могут выступать самостоятельным юридическим доказательством и не должны служить единственным основанием для принятия кадровых решений (например, отказа в приёме на работу или увольнения). Кроме того, положение должно устанавливать ограничения на проведение проверки в отношении отдельных категорий лиц (в частности, беременных женщин, несовершеннолетних, лиц с выраженными психическими или тяжёлыми соматическими расстройствами), а также закреплять требования к конфиденциальности полученных сведений как персональных данных, их хранению и порядку ознакомления с ними самого испытуемого.

Таким образом, эффективность и корректность применения полиграфа в юридической практике обусловлена совокупностью научнометодических, профессиональных и процессуальных факторов. Для минимизации рисков ошибочных выводов необходимо соблюдение строгих методических стандартов, учёт медицинских и психологических противопоказаний, а также критическая оценка результатов в совокупности с иными доказательствами по делу.

Литература:

1. Бекетова, Н. А. Использование полиграфа в сфере трудовых отношений / Н. А. Бекетова. — Текст : электронный // СПС Консультант Плюс :[сайт]. — URL: <https://consfree.krd.ru/cgi/online.cgi?req=doc&base=PKBO&n=65018&cacheid=4C0267BC4196F0B003542946E87ECE28&mode=splus&rnd=zUdsXNVILxSw7Tnb2#5eisXNVQrgNpbiiU1> (дата обращения: 25.06.2026).
2. Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 24.06.2025) «О персональных данных». — Текст : электронный // consfree.krd.ru : [сайт]. — URL: <https://consfree.krd.ru/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=499769&dst=1000000001&cacheid=45281382DA242857E7298B7B17EE9D87&mode=splus&rnd=vjt0YNNV6DG9sWHjV1#4UYCYNVwsm0HiSD> (дата обращения: 25.06.2026).
3. Положение о применении полиграфа. — Текст : электронный // consfree.krd.ru:[сайт]. — URL: <https://consfree.krd.ru/cgi/online.cgi?req=doc&base=PAP&n=20778&cacheid=4C0267BC4196F0B003542946E87ECE28&mode=splus&rnd=wsX8YNNVwppuxnws03#szX8YNNVC4zTOAa0k2> (дата обращения: 25.06.2026).

Научно-методологические аспекты применения технологий искусственного интеллекта в специальных психофизиологических исследованиях

Баженова Алиса Сергеевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Руденко Александр Викторович, доктор юридических наук, профессор, зав. кафедрой
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

В статье рассмотрены научно-методологические аспекты применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в специальных психофизиологических исследованиях (СПФИ) с использованием полиграфа. Проанализированы ключевые направления интеграции ИИ — в том числе автоматизация предварительной обработки данных, фильтрация артефактов и выявление нелинейных зависимостей между физиологическими параметрами посредством методов машинного обучения. Выделены преимущества внедрения ИИ (стандартизация процедур, минимизация субъективного фактора, ускорение обработки массивов данных, функция «второго мнения») и сопряжённые с этим риски (проблема «чёрного ящика», зависимость от репрезентативности обучающих выборок, отсутствие универсального маркера де-

цепции, правовые и этические ограничения). Особое внимание уделено необходимости сохранения ведущей роли эксперта и разработки единых методологических стандартов валидации алгоритмов. Подчёркнута междисциплинарная природа задачи, требующая синтеза подходов информатики, физиологии, психологии и юриспруденции. Результаты работы могут быть востребованы при формировании методических рекомендаций по использованию ИИ в экспертной практике, а также при разработке нормативно-правовой базы регулирования подобных технологий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, специальные психофизиологические исследования, полиграф, машинное обучение, экспертная деятельность, валидация алгоритмов, методологические стандарты, физиологические показатели, вероятностные выводы, правовое регулирование.

В современной экспертной практике специальные психофизиологические исследования (СПФИ), реализуемые с применением полиграфа, традиционно базируются на анализе комплекса физиологических показателей — кожно-гальванической реакции, параметров дыхания, сердечнососудистой активности и иных индикаторов функционального состояния организма. В последние годы наблюдается тенденция к интеграции в данную область технологий искусственного интеллекта (ИИ), что обуславливает необходимость научно-методологического осмысления возможностей, ограничений и рисков их применения.

Для начала необходимо разобраться, что же такое искусственный интеллект. Согласно пункту 5 указа президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» искусственный интеллект — комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека или превосходящие их. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений [1].

На этапе сбора и предварительной обработки эмпирических данных алгоритмы машинного обучения демонстрируют высокую эффективность в устранении артефактов, искажающих регистрируемые сигналы. К числу типичных артефактов относятся двигательные реакции испытуемого, резкие изменения позы, эпизоды кашля или чихания, а также технические помехи, связанные с нестабильностью работы измерительного оборудования. Автоматизированная фильтрация и сегментация временных рядов позволяют повысить чистоту исходных данных и обеспечить их сопоставимость в рамках серийных измерений.

Ключевым направлением использования ИИ выступает выявление устойчивых паттернов физиологических реакций, потенциально коррелирующих с состояниями когнитивной нагрузки, эмоционального напряжения либо поведенческой децепции. Применение методов кластерного анализа, классификации и регрессионного моде-

лирования даёт возможность обнаруживать нелинейные зависимости между различными параметрами, которые могут оставаться вне поля зрения эксперта при визуальной интерпретации полиграмм. При этом следует учитывать, что отсутствие универсального физиологического маркера лжи предопределяет вероятностный характер любых выводов, получаемых как традиционными, так и автоматизированными методами.

Существенное значение имеют методологические ограничения, связанные с применением ИИ в СПФИ. Впервые, проблема «чёрного ящика», характерная для ряда нейросетевых моделей, затрудняет интерпретируемость промежуточных и итоговых выводов, что противоречит требованиям научной обоснованности и проверяемости экспертных результатов. Вовторых, валидность ИИ-алгоритмов напрямую зависит от репрезентативности обучающих выборок, которые должны учитывать широкий спектр демографических, психофизиологических и ситуативных факторов. Втретьих, гетерогенность существующих полиграфных методик и отсутствие унифицированных протоколов проведения СПФИ осложняют стандартизацию и сравнительный анализ эффективности различных ИИ-решений.

К числу преимуществ внедрения технологий искусственного интеллекта в полиграфные проверки относятся: минимизация влияния субъективных факторов за счёт исключения эффектов утомления и неосознанной предвзятости эксперта; существенное сокращение временных затрат на обработку массивов полиграмм с высокой частотой дискретизации; обеспечение стандартизации критериев интерпретации и сопоставимости результатов в различных исследовательских контекстах; автоматизация процедур предварительной обработки данных, включая фильтрацию артефактов, сегментацию временных рядов и формирование первичных отчётов; выявление нелинейных зависимостей и нетривиальных корреляций между физиологическими параметрами посредством методов машинного обучения; возможность накопления и систематизации репрезентативных обезличенных датасетов для последующей валидации и совершенствования алгоритмов; реализация функции «второго мнения» с целью выявления противоречий и неоднозначных эпизодов в интерпретации данных.

К недостаткам и рискам применения ИИ в указанной сфере причисляют: неразрешённость фундаментальной проблемы отсутствия универсального физиологического

маркера децепции, вследствие чего автоматизация не устраняет вероятностный характер выводов; низкую интерпретируемость ряда нейросетевых моделей (эффект «чёрного ящика»), препятствующую верификации и воспроизводимости экспертных заключений; зависимость точности алгоритмов от репрезентативности обучающих выборок и потенциальное возникновение систематических смещений (bias) в отношении отдельных демографических или психофизиологических групп; риск формирования когнитивной иллюзии повышенной достоверности автоматизированных результатов, снижающей критичность экспертной оценки; отсутствие унифицированных методологических и технических стандартов валидации, сертификации и сопоставления различных ИИ-решений; существенные правовые и этические ограничения, обусловленные отнесением физиологических данных к категории персональных данных особой чувствительности и непризнанием результатов полиграфных проверок самостоятельным доказательством в российском правовом поле; ограниченную изученность эффективности ИИ

в условиях целенаправленного противодействия и применения испытываемыми техник саморегуляции; недостаточную адаптивность универсальных алгоритмов к индивидуальным особенностям реагирования, повышающую вероятность ложноположительных и ложноотрицательных классификаций; высокие инфраструктурные требования и необходимость привлечения специалистов междисциплинарной квалификации для настройки, валидации и контроля работы ИИ-систем.

Таким образом, применение технологий искусственного интеллекта в специальных психофизиологических исследованиях представляет собой междисциплинарную задачу, требующую комплексного подхода, сочетающего достижения информатики, физиологии, психологии и юриспруденции. Эффективность и легитимность использования ИИ в данной области могут быть обеспечены только при условии разработки единых методологических стандартов, прозрачной валидации алгоритмов и сохранения ключевой роли квалифицированного эксперта в формировании итоговых выводов.

Литература:

1. Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». — Текст : электронный // kremlin.ru : [сайт]. — URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 26.06.2026).

Особенности правового статуса маркетплейсов и агрегаторов информации в системе защиты прав потребителей

Бивол Вячеслав Сергеевич, студент
Тольяттинский государственный университет (Самарская область)

В статье рассматриваются особенности правового положения маркетплейсов и владельцев агрегаторов информации о товарах и услугах в российской системе защиты прав потребителей. Показано, что действующее регулирование исходит из смешанной природы маркетплейса: он не всегда является продавцом в классическом смысле, но уже не может рассматриваться только как нейтральная информационная витрина, поскольку участвует в размещении карточек товаров, приеме оплаты, логистике, возврате денежных средств и обработке потребительских претензий. Особое внимание уделено разграничению ответственности между продавцом, владельцем агрегатора и оператором посреднической цифровой платформы, а также изменениям, связанным с принятием Федерального закона от 31 июля 2025 г. № 289-ФЗ и Федерального закона от 31 июля 2025 г. № 290-ФЗ.

Ключевые слова: маркетплейс, агрегатор информации, защита прав потребителей, дистанционная торговля, цифровая платформа.

Развитие маркетплейсов заметно изменило саму конструкцию потребительской сделки. В классической розничной торговле покупатель обычно понимал, кто является продавцом, где находится торговая точка и кому следует предъявлять претензию при нарушении прав. В цифровой среде эта ясность исчезает: карточка товара размещается одним лицом, платеж может проходить через инфраструктуру платформы, доставка организуется логи-

стической системой маркетплейса, а возврат товара и денег оформляется через личный кабинет. Поэтому потребитель фактически взаимодействует не с отдельным продавцом, а с платформенной экосистемой, хотя юридически договор розничной купли-продажи во многих случаях заключается именно с продавцом, зарегистрированным на площадке.

Правовая сложность заключается в том, что российское законодательство долгое время не оперировало ка-

тегорией «маркетплейс» как самостоятельным субъектом потребительского права. Вместо этого использовалась конструкция владельца агрегатора информации о товарах и услугах. Такой подход закреплен в Законе РФ от 7 февраля 1992 г. № 2300–1 «О защите прав потребителей» [1], где владелец агрегатора рассматривается как лицо, которое предоставляет потребителю возможность одновременно ознакомиться с предложением продавца, заключить договор и произвести предварительную оплату товара или услуги. Статья 9 Закона о защите прав потребителей возлагает на владельца агрегатора обязанность довести до потребителя информацию о себе и продавце, включая наименование, адрес, режим работы и регистрационные сведения; при изменении информации о продавце владелец агрегатора обязан внести такие изменения в течение одного рабочего дня, если сведения размещаются на его сайте или странице сайта. Эта норма показывает, что агрегатор не может рассматриваться как полностью нейтральный технический посредник, поскольку именно через его цифровую среду потребитель получает сведения, необходимые для принятия решения о покупке и последующей защиты нарушенного права.

Одновременно действующее регулирование не отождествляет владельца агрегатора с продавцом. Статья 12 Закона о защите прав потребителей закрепляет ответственность владельца агрегатора за убытки, причиненные потребителю вследствие предоставления недостоверной или неполной информации о товаре, услуге либо продавце, но основная ответственность за качество товара, исполнение договора и соблюдение прав потребителя при продаже товара ненадлежащего качества сохраняется за продавцом, если иное не предусмотрено соглашением между продавцом и владельцем агрегатора либо не вытекает из существа их отношений. На практике именно это разграничение вызывает наибольшие споры. Потребитель воспринимает покупку как совершенную «на маркетплейсе», тогда как юридически платформа нередко указывает, что она лишь предоставляет информационную и технологическую инфраструктуру. В результате возникает разрыв между фактическим доверием к платформе и формально-договорной моделью ответственности.

В научной литературе этот разрыв рассматривается как один из ключевых признаков неопределенности правового статуса маркетплейса. В статье В. В. Рыжко прямо указывается, что товарный агрегатор в сфере защиты прав потребителей занимает промежуточное положение между информационным посредником и участником потребительского оборота, поскольку платформа не только размещает информацию, но и участвует в организации оплаты, доставки и коммуникации сторон [5, с. 356].

Особое значение имеет право потребителя требовать возврата предварительной оплаты от владельца агрегатора. Закон о защите прав потребителей допускает предъявление такого требования, если товар или услуга оплачены на банковский счет владельца агрегатора, но не переданы или не оказаны в установленный срок, а потре-

битель уведомил продавца об отказе от договора. В таком случае владелец агрегатора должен вернуть сумму предварительной оплаты в течение десяти календарных дней при наличии предусмотренных законом условий. Практическое значение этой нормы состоит в том, что потребитель получает возможность обращаться не только к продавцу, который может быть малым предпринимателем, находиться в другом регионе или фактически прекратить деятельность, но и к платформе, через которую прошел платеж. Разъяснения Московского портала потребителя также указывают, что владелец агрегатора обязан вернуть предоплату при соблюдении установленных условий, хотя ответственность за качество товара в общем случае несет продавец.

Дистанционный характер покупки усиливает уязвимость потребителя. При покупке через маркетплейс он не может осмотреть товар до заключения договора, проверить его реальные свойства, качество упаковки, комплектность и соответствие описанию. Его воля формируется на основании карточки товара, фотографий, отзывов, рейтинга продавца и интерфейсных подсказок платформы. Поэтому информация, размещенная в цифровой среде, фактически заменяет личный осмотр товара. Статья 26.1 Закона о защите прав потребителей закрепляет специальное правило дистанционной продажи: потребитель вправе отказаться от товара в любое время до его передачи, а после передачи — в течение семи дней; при этом пункт 4 данной статьи признан частично не соответствующим Конституции РФ Постановлением Конституционного Суда РФ от 17 февраля 2026 г. № 7-П [3].

Постановление Конституционного Суда РФ от 17 февраля 2026 г. № 7-П имеет принципиальное значение для всей системы дистанционной торговли. Конституционный Суд рассматривал вопрос о конституционности пунктов 3 и 4 статьи 26.1 Закона о защите прав потребителей в связи с возвратом товара надлежащего качества, приобретенного дистанционно. В сообщении Конституционного Суда указано, что дело касалось права потребителя на выбор места и способа возврата товара, приобретенного дистанционным способом. Для маркетплейсов эта позиция особенно важна, поскольку именно они создают логистическую инфраструктуру, через которую потребитель получает товар, и именно через эту же инфраструктуру он ожидает возможности вернуть товар без чрезмерных организационных и финансовых препятствий. Поэтому возврат товара в цифровой торговле перестает быть второстепенным сервисным вопросом и становится элементом реального осуществления субъективного права потребителя.

Массовость нарушений в сфере онлайн-торговли подтверждает, что проблема носит не единичный, а системный характер. По данным Управления Роспотребнадзора по г. Москве, в 2025 году поступило 67 388 обращений по вопросам защиты прав потребителей; наибольшее количество жалоб было связано с розничной торговлей, причем 64,9 % жалоб в этой категории относились к дистанци-

онной торговле, а общее количество обращений по дистанционной торговле составило 20 186, то есть 30 % всех обращений по вопросам защиты прав потребителей [4]. В 2026 году также сообщалось, что около 37 % жалоб потребителей в сфере торговли так или иначе связаны с интернет-продажами и маркетплейсами. Эти данные показывают, что маркетплейс стал не просто удобным каналом покупки, а одним из основных пространств возникновения потребительских конфликтов, где традиционные способы защиты права нуждаются в адаптации к цифровому интерфейсу, автоматизированной обработке претензий и платформенным правилам возврата.

Именно поэтому принятие Федерального закона от 31 июля 2025 г. № 289-ФЗ «Об отдельных вопросах регулирования платформенной экономики в Российской Федерации» [2] следует рассматривать как важный этап институционализации маркетплейсов. Закон был принят Государственной Думой 22 июля 2025 г., одобрен Советом Федерации 25 июля 2025 г. и закрепил самостоятельный правовой режим платформенной экономики. Закон о платформенной экономике и сопутствующие изменения начнут действовать с 1 октября 2026 года и затронут операторов посреднических цифровых платформ, их партнеров, владельцев пунктов выдачи заказов, договорные

отношения, рассмотрение споров и взаимодействие с потребителями. Это означает, что государство фактически признает недостаточность прежней модели, при которой маркетплейс рассматривался преимущественно через категорию владельца агрегатора, а значительная часть правил устанавливалась пользовательскими соглашениями самой платформы.

Таким образом, особенности правового статуса маркетплейсов и агрегаторов информации проявляются в их промежуточном положении между информационным посредником, организатором торговли и оператором цифровой инфраструктуры. Прежняя модель, при которой агрегатор отвечал главным образом за информацию, уже не полностью соответствует фактической роли маркетплейсов в потребительском обороте. Современная платформа участвует в создании доверия к сделке, формирует информационную среду выбора товара, обеспечивает платежный и логистический контур, хранит цифровые доказательства и определяет технический порядок предъявления претензий. Поэтому дальнейшее развитие законодательства закономерно связано с переходом к платформенной ответственности, не подменяющей ответственность продавца, но дополняющей ее обязанностями оператора цифровой среды.

Литература:

1. О защите прав потребителей: Закон Российской Федерации от 07.02.1992 № 2300-1 // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 3. Ст. 140.
2. Об отдельных вопросах регулирования платформенной экономики в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 июля 2025 г. N 289-ФЗ URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1837651/>
3. Постановление Конституционного Суда Российской Федерации от 17 февраля 2026 г. № 7-П «По делу о проверке конституционности пунктов 3 и 4 статьи 26.1 Закона Российской Федерации «О защите прав потребителей» в связи с жалобой гражданина Тишкина Петра Николаевича» URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/413545552/>
4. Итоги работы по защите прав потребителей за 2025 год URL: <https://77.rosпотребнадзор.ru/index.php/napravlenie/zpp/15053-itogi-raboty-po-zashchite-prav-potrebitelej-za-2025-god-30-01-2026>
5. Рыжко, В. В. Правовой статус товарного агрегатора: проблемы разграничения ответственности между маркетплейсом и продавцом // Молодой ученый. 2026. № 5 (608). С. 356–358.

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 26 (629) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

Номер подписан в печать 8.07.2026. Дата выхода в свет: 15.07.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.